

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)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____

Матросов В.В.

« _____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Локализация энергии в дискретных
волновых системах**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Аспирантура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.06.01 «Физика и астрономия»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**Исследователь. Преподаватель-
исследователь**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2021 г.

1. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Локализация энергии в дискретных волновых системах» относится к числу профессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ННГУ и изучается на 3 году обучения, в 5 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в результате освоения дисциплин «Теория колебаний», «Теоретическая механика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1 (завершающий этап)	З(ПК-1)-1 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач У(ПК-1)-1 Уметь определять наиболее актуальные направления исследований У(ПК-1)-2 Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста У(ПК-1)-3 Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений В(ПК-1)-1 Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях В(ПК-1)-2 Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований В(ПК-1)-3 Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов
ПК-2 (завершающий этап)	З(ПК-2)-1 Знать современное состояние науки в области радиофизики З(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов У(ПК-2)-2 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу В(ПК-2)-1 Владеть навыками моделирования различных явлений в

	<p>области радиофизики и оценки полученных результатов</p> <p>В(ПК-2)-2 Владеть современными информационными и коммуникационными технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования</p> <p>В(ПК-2)-3 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности Радиофизика</p>
<p>ПК-3</p> <p>(завершающий этап)</p>	<p>У(ПК-3)-1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования</p> <p>У(ПК-3)-2 Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения</p> <p>У(ПК-3)-4 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу</p>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 4 часа мероприятия по аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (18 часов составляет выполнение лабораторной работы).

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Динамика изолированного осциллятора	6	4	-	-	-	4	2
Динамика линейных цепочечных систем	6	4	-	-	-	4	2
Основные свойства дискретных брызеров в нелинейных цепочечных системах	6	4	-	-	-	4	2
Методы численного отыскания и конструктивное доказательство существования дискретных брызеров	8	5	-	-	-	5	3

Дискретное нелинейное уравнение Шрёдингера (ДНУШ)	8	5	-	-	-	5	3
Устойчивость бегущей волны в ДНУШ	8	5	-	-	-	5	3
Условия и характеристики модуляционной неустойчивости бегущей волны в ДНУШ	8	5	-	-	-	5	3
Лабораторная работа «Модуляционная неустойчивость и дискретные бризеры»	18	-	-	-	-	-	18
Аттестация по дисциплине (Зачет)	4	4	-	-	-	4	-
Итого	72	36	-	-	-	36	36

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
1.	Динамика изолированного осциллятора	1. Динамика гармонического осциллятора 2. Динамика нелинейного осциллятора	лекции	
2.	Динамика линейных цепочечных систем	1. Дисперсионное соотношение линейной цепочечной системы типа Клейна-Гордона 2. Виды решения в зоне, выше и ниже зоны бегущих волн	лекции	
3.	Основные свойства дискретных бризеров в нелинейных цепочечных системах	1. Асимптотика «хвостов» дискретного бризера 2. Одночастичное приближение для оценки частоты дискретного бризера	лекции	
4.	Методы численного отыскания и конструктивное доказательство существования дискретных бризеров	1. Специфика метода секущей Пуанкаре для консервативных систем 2. Построение дискретных бризеров методом непрерывного продолжения из антиконтинуального предела	лекции	Опрос
5.	Дискретное нелинейное	1. Метод усреднения для нелинейной	лекции	

	уравнение Шрёдингера (ДНУШ)	цепочки типа Клейна-Гордона и вывод ДНУШ 2. Бегущая волна как точное решение ДНУШ		
6.	Устойчивость бегущей волны в ДНУШ	1. Линеаризация уравнений движения в окрестности бегущей волны 2. Исследование линеаризованной системы на устойчивость	лекции	
7.	Условия и характеристики модуляционной неустойчивости бегущей волны в ДНУШ	1. Анализ условий устойчивости бегущей волны в ДНУШ 2. Преимущественный пространственный масштаб модуляционной неустойчивости, скорость распространения пакетов 3. Развитие модуляционной неустойчивости и формирование дискретных бризеров	лекции	
8.	Лабораторная работа «Модуляционная неустойчивость и дискретные бризеры»	По учебно-методическому пособию [5] (см. разд. 7 настоящей Программы).	лабораторная работа	Защита отчета о лабораторной работе

4. Образовательные технологии

Выполнение компьютерной лабораторной работы «Модуляционная неустойчивость и дискретные бризеры» способствует формированию компетенций ПК-1 (Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики) и ПК-2 (Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта).

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

(а) Текущая организация самостоятельной работы студентов во время учебного семестра обеспечивается консультациями в ходе выполнения лабораторной работы. При выполнении работы студенты пользуются пособиями [4,5] (см. разд. 7 настоящей Программы). К зачету по дисциплине студенты представляют отчет о выполнении лабораторной работы.

(б) Контрольные вопросы для проведения текущего контроля (в форме опроса) и промежуточной аттестации в ходе освоения дисциплины

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.
4. Понятие дискретного бризера (ДБ) – пространственно-локализованного колебательного решения. Необходимые условия существования ДБ. Дискретность и нелинейность как физические предпосылки существования ДБ.
5. 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).
6. Метод секущей Пуанкаре для отыскания периодических решений. Модификация метода Пуанкаре для систем с интегралом движения (в частности, с сохраняющейся энергией).
7. 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.
8. Обоснование замыкания фазовой траектории, соответствующей неподвижной точке отображения в себя подмногообразия секущей Пуанкаре, в конечном интервале изменения параметра. Достаточное условие существования ДБ в цепочке из конечного числа осцилляторов. Его согласование с необходимым условием существования ДБ.
9. Вывод дискретного нелинейного уравнения Шрёдингера (DNLS) в рамках приближения Ван-дер-Поля (медленно меняющихся амплитуд) из уравнений движения цепочки связанных осцилляторов. Условия применимости приближения.
10. Бегущая волна как точное решение DNLS. «Нелинейное дисперсионное соотношение». Его согласование с точным дисперсионным соотношением линейной системы.
11. Линеаризация DNLS в окрестности бегущей волны. Линеаризованные уравнения динамики «дискретной огибающей» (малых добавок к комплексной амплитуде волны).
12. Метод исследования на устойчивость состояния равновесия в линейных уравнениях с комплексными переменными и его обоснование.
13. Анализ линейных уравнений дискретной огибающей на устойчивость. Получение выражения для показателя экспоненты нарастания (инкремента) дискретной огибающей.
14. Анализ выражения для инкремента дискретной огибающей. Условия модуляционной неустойчивости. Отыскание преимущественного пространственного масштаба неустойчивости (волнового числа огибающей, имеющей наибольший инкремент).

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, навыков), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Зачет включает защиту отчета о лабораторной работе и устный опрос по контрольным вопросам (п. 6.3). Отводимое на подготовку ответов время – около 1 академического часа. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, незачет. Итоговый контроль сформированности компетенций в виде знаний обеспечивается ответами на контрольные вопросы, в виде умений и навыков – защитой отчета о лабораторной работе.

Критерии оценок:

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
Не зачтено	Студент после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

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.

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

5. 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).

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

7. 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.

8. Обоснование замыкания фазовой траектории, соответствующей неподвижной точке отображения в себя подмногообразия секущей Пуанкаре, в конечном интервале изменения параметра. Достаточное условие существования ДБ в цепочке из конечного числа осцилляторов. Его согласование с необходимым условием существования ДБ.

9. Вывод дискретного нелинейного уравнения Шрёдингера (DNLS) в рамках приближения Ван-дер-Поля (медленно меняющихся амплитуд) из уравнений движения цепочки связанных осцилляторов. Условия применимости приближения.

10. Бегущая волна как точное решение DNLS. «Нелинейное дисперсионное соотношение». Его согласование с точным дисперсионным соотношением линейной системы.

11. Линеаризация DNLS в окрестности бегущей волны. Линеаризованные уравнения динамики «дискретной огибающей» (малых добавок к комплексной амплитуде волны).

12. Метод исследования на устойчивость состояния равновесия в линейных уравнениях с комплексными переменными и его обоснование.

13. Анализ линейных уравнений дискретной огибающей на устойчивость. Получение выражения для показателя экспоненты нарастания (инкремента) дискретной огибающей.

14. Анализ выражения для инкремента дискретной огибающей. Условия модуляционной неустойчивости. Отыскание преимущественного пространственного масштаба неустойчивости (волнового числа огибающей, имеющей наибольший инкремент).

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-1, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 6, 7, 12.

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-2, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1-11.

Оценка результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ПК-3, производится на основании ответов на следующие вопросы из вышеприведенного списка: 5, 13, 14, а также в ходе защиты отчета о лабораторной работе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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. Теоретическая физика. Т.1 Механика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2231>. — Загл. с экрана.

3. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. - Введение в теорию колебаний и волн. - М.: Наука , 1992. - 454, [1] с.

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

3. Арнольд В. И. - Математические методы классической механики: [учеб. пособие для мех.-мат. специальностей ун-тов]. - М.: Наука, 1989. - 472 с.

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/~andreym/db_anim/db_anim.html

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор _____ доцент кафедры теории колебаний и автоматического регулирования радиофизического факультета ННГУ,
к. ф.-м. н. О.И. Канаков

Рецензент _____ вед. науч. сотр. ИИТММ, д. ф.-м. н. Иванченко М.В.

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

Программа рекомендована на заседании кафедры теории колебаний и автоматического регулирования от _____ года, протокол № _____.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № _____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-1 Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
З(ПК-1)-1 Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред
У(ПК-1)-1 Уметь определять наиболее актуальные направления исследований в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие умений	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения определять наиболее актуальные направления исследований в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред

У(ПК-1)-2 Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и этапов профессионального роста	Не умеет и не готов формулировать но-вые научные задачи в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста	Имея базовые представления о тенденциях развития науки в области радиофизики и этапах профессионального роста, не способен сформулировать новые научные задачи в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и предполагаемые методы их решения	При формулировке новых научных задач в области радиофизики не учитывает тенденции развития науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и индивидуально-личностные особенности	Формулирует новые научные задачи в области радиофизики, исходя из тенденций развития науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей
У(ПК-1)-3 Уметь при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Отсутствие умений	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред генерировать идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
В(ПК-1)-1 Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред

В(ПК-1)-2 Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования профессиональной деятельности	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности
В(ПК-1)-3 Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа радиофизических задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред, отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов

ПК-2 Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
З(ПК-2)-1 Знать современное состояние науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Неполные представления о современном состоянии науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред

З(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценке полученных результатов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценке полученных результатов	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценке полученных результатов	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценке полученных результатов	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценке полученных результатов
У(ПК-2)-2 Уметь представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное умение представлять результаты НИР академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
В(ПК-2)-1 Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков моделирования различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценки полученных результатов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценки полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценки полученных результатов	Успешное и систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и оценки полученных результатов
В(ПК-2)-2 Владеть современными информационными и коммуникационными технологиями сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но не систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Успешное и систематическое применение современных информационных и коммуникационных технологий сбора теоретических и эмпирических данных, их анализа и представления полученных результатов исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред

В(ПК-2)-3 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР
---	--------------------	--	--	---	---

ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
У(ПК-3)-1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред
У(ПК-3)-2 Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и возможности их внедрения	Отсутствие умений	Фрагментарное использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и возможности их внедрения	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и возможности их внедрения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и возможности их внедрения	Сформированное умение оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области колебательно-волновой динамики пространственно-дискретных сред и возможности их внедрения

У (ПК-3)-4 Уметь представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу	Отсутствие умений	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов	В целом успешное, умение представлять результаты НИР академическому сообществу	Успешное умение представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу	Сформированное умение представлять результаты НИР академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности
--	-------------------	--	--	--	--