

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Институт физики

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор

по научной деятельности КФУ

Проф. Д.К. Нургалиев

" 29 " 20 15 г.



**Программа дисциплины**

Радиофизические методы исследования природных сред Б1.В.ДВ.1

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия  
Профиль подготовки: 01.04.03 - Радиофизика  
Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Казань 2015

## **1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ**

Курс «Радиофизические методы исследования природных сред» – курс образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия». Его освоение формирует основные профессиональные компетенции аспиранта и позволяет сдать зачет по одноименной дисциплине.

Изучение курса позволяет овладеть системой фундаментальных и прикладных знаний в области теории и компьютерного моделирования волновых процессов в различных природных средах, включая атмосферу, гидросферу и плазму, динамики нелинейных волновых структур солитонного и вихревого типов, навыками анализа процессов, проходящих в физических средах с учетом нелинейности и дисперсии, а также процессов, обусловленных наличием диссипации и различных типов неустойчивостей, современными и классическими методами их исследования. Курс формирует способность формулировать и решать научные и прикладные задачи в области физики сплошных сред, включая атмосферу, гидросферу и плазму, а также в связанных областях – исследование нелинейных и нестационарных процессов в различных физических средах распространения радиосигналов, включая сигналы информационно-телекоммуникационных систем; спутниковые технологии; процессы в геоинформационных системах; проектирование радиосистем с учетом процессов в средах распространения, исследование и прогнозирование катастрофических природных явлений, таких как мощные атмосферные вихревые образования (циклоны, торнадо и смерчи, волны цунами); образование и просвещение населения.

В последнее время в науках о Земле, вообще, и в физике таких природных сред, как атмосфера, гидросфера и плазма, в частности, самое пристальное внимание уделяется решению комплексных проблем, лежащих на стыках различных областей знаний. В связи с этим, радиофизические методы исследования природных сред являются уникальным универсальным инструментом обучения различным подходам и методам исследования сложных физических систем.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Данная учебная дисциплина включена в раздел «Б1.В.ДВ Дисциплины по выбору» основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Осваивается на 2 году обучения, 4 семестр.

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке аспирантов по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия. Ее освоение предполагает знание содержания курсов по методам математической физики, теории волновых процессов, функционального анализа и математического моделирования физических процессов и систем.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать:

- методы математической физики и численные методы интегрирования для моделей, описывающих волновые процессы в физических средах.

уметь:

- анализировать устойчивость решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах;
- строить фазовые портреты для соответствующих динамических систем, исследовать характер асимптотик решений.

владеть:

- аналитическими и численными методами интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных в приложении к физике волновых процессов в атмосфере, гидросфере, ионосферной и магнитосферной плазме.

демонстрировать способность и готовность:

-выполнять анализ систем, описывающих волновые процессы в физических средах, с использованием аналитических и численных подходов.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: УК-1, УК-3, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2.

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-1	способность в соответствии с учебным планом самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области Радиофизики, и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-2	способность принимать участие в разработке новых моделей и методов научного исследования в области радиофизики

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в семестре.

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Лабораторные работы</b>	<b>Самостоятельная работа</b>
1.	Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.	4	2	2		8
2.	Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.	4	2	2		8
3.	Тема 3. Методы аналитического	4	2	2		8

	исследования нелинейных систем.					
4.	Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем	4	4	4		16
5.	Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.	4	4	2		8
6.	Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.	4	2	2		8
7.	Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.	4	2	4		16
8.	Итоговая форма контроля	4	0	0		Зачет
9.	Итого		18	18	0	72

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.**

### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно неинтегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.

### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Анализ и классификация рассматриваемых физических систем. Соотношения дисперсии. Вывод уравнений для классических случаев.

**Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.**

### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Вывод уравнений из полной системы уравнений гидродинамики для реальных физических сред. Обобщение уравнений с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

**Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.**

### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы. Методы качественного и асимптотического анализа решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.

### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Анализ устойчивости решений для уравнений КдВ и КП. Первые интегралы движения. Качественный анализ динамических систем, связанных с уравнениями КдВ и КП. Фазовая плоскость и фазовое пространство. Исследование асимптотик.

#### **Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.**

##### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Методы численного интегрирования нелинейных неоднородных систем. Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения –альфвеновские солитоны.

##### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Явные и неявные схемы 2 и 4 порядков для уравнений КдВ, КП и DNLS. Исследование аппроксимации и устойчивости. Решение уравнения КП методом стабилизирующего множителя и динамическим спектральным методом.

#### **Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.**

##### ***лекционное занятие (4 часа(ов)):***

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Численное исследование структуры и эволюции уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости. Исследование генерации и эволюции волновых возмущений на высотах F-слоя ионосферы - теоретический анализ и численное моделирование. Исследование распространения звуковых волн в плазме - теория и численное моделирование. Численное и аналитическое исследование эволюции солитонов в средах с переменной дисперсией.

#### **Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Динамика солитонов уравнений КдВ- и КП-классов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.

##### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Аналитические подходы к исследованию влияния стохастических флуктуаций волнового поля на динамику и структуру 1- и 2-мерных солитонов. Численный эксперимент.

#### **Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Метод обратной задачи рассеяния (ОЗР) для уравнения КдВ и "метод одевания" для уравнения КП.

##### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Реализации методов ОЗР и "одевания". Имеющиеся ограничения применения.

#### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы аспирантов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
-------	-------------------	---------	-----------------	--	------------------------	---------------------------------------

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы аспирантов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.	4	1	Подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
2.	Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.		2	Подготовка к презентации	8	Презентация
3.	Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.		3	Подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
4.	Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем		4, 5	Подготовка к презентации	16	Презентация
5.	Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.		6	Подготовка к устному опросу	8	Устный опрос
6.	Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.		7	Подготовка к презентации	8	Презентация
7.	Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.		8, 9	Подготовка к презентации	16	Презентация
	Итого				72	

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются такие интерактивные формы обучения, как чтение лекций с использованием мультимедиа оборудования, практические занятия, на которых аспиранты выступают с презентациями по теме данного практического занятия (у каждого аспиранта индивидуальная тема для

презентации), самостоятельная работа аспиранта (подготовка презентаций для практических занятий, подготовка к устному опросу), консультации.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Вопросы к практическим занятиям**

**Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.**

устный опрос, примерные вопросы:

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно неинтегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.

**Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.**

презентация, примерные вопросы:

Вывод из полной системы основных уравнений гидродинамики уравнений классов КдВ и КП

**Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.**

устный опрос, примерные вопросы:

Метод анализа устойчивости решений по Ляпунову на основе исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы. Методы качественного и асимптотического анализа решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.

**Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.**

презентация, примерные вопросы:

Явные и неявные разностные схемы высокого порядка точности для уравнений классов КдВ и КП

**Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.**

устный опрос, примерные вопросы:

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

**Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.**

презентация, примерные вопросы:

Результаты численных экспериментов по моделированию распространения солитонов при наличии в среде стохастических флуктуаций волнового поля

## **Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.**

презентация, примерные вопросы:

Изложение основ квантовой теории рассеяния и метода аналитического интегрирования уравнений КдВ и КП

### **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

#### **7.1. Регламент дисциплины**

Чтение лекций и проведение занятий проводится ведущими исследователями-специалистами университета в области аналитических и численных методов исследования природных сред таких, как атмосфера, гидросфера и плазма.

На практических занятиях приобретаются дополнительные навыки, отражающие современное состояние дел в выбранной области исследований, через призму самостоятельного изучения и подготовки презентационного материала и дискуссий по конкретным разделам дисциплины, относящимся к современным областям исследований в области методов изучения волновых процессов в реальных физических средах. При этом используются современные представления, технические возможности и современные программные презентационные пакеты (PowerPoint, Acrobat, OpenOffice). Приобретаются навыки и приемы подготовки докладов и выступлений на конференциях, семинарах и защитах.

В ходе семестра проводятся устные опросы, подготовка презентационных материалов отнесено к самостоятельной работе (в рамках выполнения домашних заданий).

Для лучшего освоения лекционного материала по курсу "Радиофизические методы исследования природных сред" аспиранты готовят презентации по рассматриваемым темам 2, 4, 6, 7 и докладывают их на практических занятиях. Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации.

#### **7.2. Оценочные средства текущего контроля**

При промежуточном контроле знания оцениваются путем устных опросов по соответствующим темам (1, 3, 5), уровню и качеству подготовки презентаций и устному выступлению с ней, участию в дискуссиях во время практических занятий.

#### **Вопросы к устному опросу**

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно не интегрируемые системы. Диссипация, дисперсия, нелинейность и неустойчивости в реальных физических средах. Соотношения дисперсии. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.

Метод исследования трансформационных свойств гамильтониана и анализ устойчивости решений соответствующей системы (на примере уравнений КдВ и КП). Первые интегралы движения. Фазовая плоскость и фазовое пространство. Методы качественного и асимптотического анализа решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик (на примере уравнений КдВ и КП).

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме). Методы аналитического и численного исследования.



### 7.3. Вопросы к зачету

1. Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем.
2. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы.
3. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости.
4. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.
5. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред.
6. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Вывод уравнений КдВ и КП. Законы сохранения для уравнений КдВ и КП. Приложения к реальным физическим средам.
7. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.
8. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ.
9. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. "Метод одевания" для уравнения КП.
10. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы.
11. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.
12. Динамика солитонов уравнений КдВ и КП в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.
13. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования.
14. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод.
15. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP.
16. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения – альфвеновские солитоны.
17. Приложения нелинейной волновой теории. Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами.
18. Приложения нелинейной волновой теории. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы).
19. Приложения нелинейной волновой теории. Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел).
20. Приложения нелинейной волновой теории. Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

### 7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p>Должен знать: понятие математической модели; принципы математического моделирования; основные аналитические и численные методы.</p> <p>Должен уметь: анализировать устойчивость решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах; строить фазовые портреты для соответствующих динамических систем, исследовать характер асимптотик решений.</p>	<p>Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных.</p>
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	<p>Должен демонстрировать способность и готовность выполнять анализ систем, описывающих волновые процессы в физических средах, с использованием аналитических и численных подходов.</p>	<p>Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов.</p>
УК-5	способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	<p>Должен знать: понятие математической модели; принципы математического моделирования; основные аналитические и численные методы.</p> <p>Должен уметь: анализировать устойчивость решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах.</p>	<p>Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующих систем GKP- и DNLS-типов. Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик. Приложения нелинейной волновой теории.</p>
ОПК-1	способность самостоя-	Должен знать: понятие	Методы численного инте-

	<p>тельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>математической модели; принципы математического моделирования; основные аналитические и численные методы. Должен уметь: анализировать устойчивость решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах; строить фазовые портреты для соответствующих динамических систем, исследовать характер асимптотик решений. Должен владеть аналитическими и численными методами интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных в приложении к физике волновых процессов в атмосфере, гидросфере, ионосферной и магнитосферной плазме.</p>	<p>гирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения – альфвеновские солитоны.</p>
ПК-1	<p>способность в соответствии с учебным планом самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области Радиофизики, и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>Должен знать: основы теории нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных; методы математической физики; численные методы интегрирования для моделей, описывающих волновые процессы в физических средах; современное состояние исследований в данной предметной области. Должен уметь: применять теоретические знания в области анализа и численного моделирования к исследованию конкретных нелинейных систем в реальных физических средах (ионосфера, магнитосфера, атмосфера и гидросфера).</p>	<p>Приложения нелинейной волновой теории. Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с пе-</p>

			ременной дисперсией (волны в жидкости и плазме).
ПК-2	способность принимать участие в разработке новых моделей и методов научного исследования в области радиофизики	<p>Должен знать: методы математической физики и численные методы интегрирования для моделей, описывающих волновые процессы в физических средах, их достоинства и недостатки.</p> <p>Должен уметь: применять известные методы анализа к изучению устойчивости решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах; строить фазовые портреты для соответствующих динамических систем, исследовать характер асимптотик решений.</p>	<p>Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы.</p> <p>Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.</p> <p>Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS.</p>

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для лучшего освоения лекционного материала по курсу "Радиофизические методы исследования природных сред" аспиранты готовят презентации по каждой из рассматриваемых тем и докладывают их на практических занятиях. Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации.

Относительно самостоятельной работы аспирантов – можно выделить несколько ее видов при изучении данной дисциплины.

*Разбор и усвоение лекционного материала.* После каждой лекции аспиранту следует внимательно прочитать и разобрать конспект лекции, при этом:

- понять и запомнить все новые определения.
- понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект.

- выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).
- если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать.
- при возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Можно также обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.

*Самостоятельное изучение части материала.* Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.

*Подготовка к устным опросам.* Устные опросы проводятся с целью проверить, как на данном этапе обучения усвоен лекционный материал и/или материал, отведённый на самостоятельное изучение. Рекомендации по изучению соответствующих материалов приведены выше. При подготовке следует иметь в виду, что во время устного опроса в ответах на вопросы нужно:

- уметь сформулировать определения изученных величин, понятий и т.д.;
- уметь сформулировать изученные положения, записать уравнения и дисперсионные соотношения и т.д.;
- по каждой теме или подтеме уметь коротко раскрыть суть того, что в ней излагается;
- уметь сформулировать, на чем основаны выводы и доказательства изученных утверждений и формул, указать сделанные при этом приближения и принятые допущения.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **9.1. Основная литература**

1. Плохотников, К. Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс]: курс лекций / К. Э. Плохотников. – М. : ФЛИНТА, 2012. – 519 с. - ISBN 978-5-9765-1541-3 - <http://znanium.com/bookread.php?book=456334>
2. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-98281-329-9. <http://znanium.com/bookread.php?book=391337>
3. Барашков, В. А. Методы математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Барашков. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2497-1. <http://znanium.com/bookread.php?book=492290>.

### **9.2. Дополнительная литература**

1. Belashov V.Yu., Vladimirov S.V. Solitary Waves in Dispersive Complex Media. Theory, Simulation, Applications. Springer-Verlag GmbH & Co. KG Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, 2005, 303 p. <http://radiosys.ksu.ru/?p=631>.
2. Белашова Е.С., Белашов В.Ю. Солитоны как математические и физические объекты. Казань: КГЭУ, 2006. 205 с. <http://radiosys.ksu.ru/?p=641>.

### **9.3. Интернет-ресурсы:**

Кафедра радиофизики КФУ - <http://radiosys.ksu.ru/>  
 Электронная библиотека КФУ - <http://libweb.ksu.ru/ebooks/>  
 Электронно-библиотечная система ZNANIUM - <http://znanium.com>

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Освоение дисциплины "Радиофизические методы исследования природных сред" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью до 30 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже IntelCore i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Для лучшего освоения лекционного материала по курсу "Радиофизические методы исследования природных сред" аспиранты готовят презентации по каждой из рассматриваемых тем и докладывают их на практических занятиях. Понимание аспирантами излагаемого материала проверяется путем общей дискуссии по теме презентации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 03.06.01 «Физика и астрономия» и с учетом рекомендаций по направлению подготовки.

Автор(ы): профессор, д.ф.-м.н.(профессор) Белашов В.Ю.

Рецензент(ы): заведующий кафедрой, д.ф.-м.н. (доцент) Овчинников М.Н.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института физики КФУ от 20.05.2015 года, протокол №11.