

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Физика нелинейных явлений М1.В.1

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика  
Профиль подготовки: Информационные процессы и системы  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Овчинников М.Н.

**Рецензент(ы):**

Шерстюков О.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.  
Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г  
Учебно-методическая комиссия Института физики:  
Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (доцент) Овчинников М.Н. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Marat.Ovchinnikov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Физика нелинейных явлений является понимание обучающимися особенностей математического описания нелинейных явлений и получение навыков расчетов параметров нелинейных волн.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.В.1 Общенаучный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел профессиональных дисциплин (Р.1) ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Радиофизика". Ее освоение предполагает знание содержания курсов по методам математической физики, термодинамики и статистической физики, умение работать с программными продуктами для математических расчетов.

Направление: 010800.68: Радиофизика (магистратура)

Первый год магистратуры, 1 семестр

Профили подготовки:

Радиофизические методы по областям применения

Электромагнитные волны в средах

Информационные системы

Физика магнитных явлений

М1.Р.1 Общенаучный цикл

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук ( )
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения ( )
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по исследованиям нелинейных волн ( )
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики по проблематике динамического хаоса ( )
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики в области изучения нелинейных явлений ( )

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:  
особенности распространения нелинейных волн.
2. должен уметь:  
использовать критерии динамического хаоса.
3. должен владеть:  
методами дробного дифференцирования и интегрирования.

произвести непрерывные и дискретные вейвлет-преобразования.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Локально-неравновесные модели процессов переноса. Дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости волн.	1	1-2	4	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Волны в жидкостях. Гравитационные волны в жидкостях. Капиллярно-гравитационные волны. Случай мелкой воды, случай глубокой воды.	1	3-4	4	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Стационарные решения нелинейных уравнений. Уравнение Бюргерса. Уравнение КдФ. Скорости нелинейных волн.	1	5-6	4	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Сложная динамика нелинейных систем. Модель Лоренца. Конвекция Бенара. Динамический хаос. Критерии. Модельные системы. Отображения Пуанкаре. Показатели Ляпунова. Управление хаосом	1	7-10	8	0	0	контрольная работа
5.	Тема 5. Хаос и фракталы. Самоподобие. Уравнения эволюции в дробных производных.	1	11-14	4	0	0	презентация
6.	Тема 6. Основные понятия и методы вейвлет-анализа. Фурье и вейвлет-анализ. Критерии. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Свойства. Скалограмма.	1	15-18	4	0	0	устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			28	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Локально-неравновесные модели процессов переноса. Дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости волн.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Локально-неравновесные модели процессов переноса. Дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости волн. 2 ДЕ.

**Тема 2. Волны в жидкостях. Гравитационные волны в жидкостях.**

**Капиллярно-гравитационные волны. Случай мелкой воды, случай глубокой воды.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Волны в жидкостях. Гравитационные волны в жидкостях. Капиллярно-гравитационные волны. Случай мелкой воды, случай глубокой воды. 1 ДЕ.

**Тема 3. Стационарные решения нелинейных уравнений. Уравнение Бюргерса. Уравнение КдФ. Скорости нелинейных волн.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Стационарные решения нелинейных уравнений. Уравнение Бюргерса. Уравнение КдФ. Скорости нелинейных волн. 1 ДЕ.

**Тема 4. Сложная динамика нелинейных систем. Модель Лоренца. Конвекция Бенара. Динамический хаос. Критерии. Модельные системы. Отображения Пуанкаре. Показатели Ляпунова. Управление хаосом**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Сложная динамика нелинейных систем. Модель Лоренца. Конвекция Бенара. Динамический хаос. Критерии. Модельные системы. Отображения Пуанкаре. Показатели Ляпунова. Управление хаосом. 4 ДЕ.

**Тема 5. Хаос и фракталы. Самоподобие. Уравнения эволюции в дробных производных.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Хаос и фракталы. Самоподобие. Уравнения эволюции в дробных производных. 3 ДЕ.

**Тема 6. Основные понятия и методы вейвлет-анализа. Фурье и вейвлет- анализ. Критерии. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Свойства. Скалограмма.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные понятия и методы вейвлет-анализа. Фурье и вейвлет- анализ. Критерии. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Свойства. Скалограмма. 3 ДЕ.

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Локально-неравновесные модели процессов переноса. Дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости волн.	1	1-2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Волны в жидкостях. Гравитационные волны в жидкостях. Капиллярно-гравитационные волны. Случай мелкой воды, случай глубокой воды.	1	3-4	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
3.	Тема 3. Стационарные решения нелинейных уравнений. Уравнение Бюргерса. Уравнение КдФ. Скорости нелинейных волн.	1	5-6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Сложная динамика нелинейных систем. Модель Лоренца. Конвекция Бенара. Динамический хаос. Критерии. Модельные системы. Отображения Пуанкаре. Показатели Ляпунова. Управление хаосом	1	7-10	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
5.	Тема 5. Хаос и фракталы. Самоподобие. Уравнения эволюции в дробных производных.	1	11-14	подготовка к презентации	4	презентация
				подготовка презентации	4	представление презентации
6.	Тема 6. Основные понятия и методы вейвлет-анализа. Фурье и вейвлет-анализ. Критерии. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Свойства. Скалограмма.	1	15-18	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения как решение задач с использованием компьютерной техники, представление обучающимися докладов (презентаций) и коллективное их обсуждение.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Локально-неравновесные модели процессов переноса. Дисперсионные уравнения, фазовые и групповые скорости волн.

устный опрос , примерные вопросы:

Локально-неравновесные модели процессов переноса. Принцип локальности. Принцип ЛТР.

#### Тема 2. Волны в жидкостях. Гравитационные волны в жидкостях.

##### Капиллярно-гравитационные волны. Случай мелкой воды, случай глубокой воды.

устный опрос , примерные вопросы:

Гравитационные волны в жидкостях Капиллярно-гравитационные волны. Дисперсионные соотношения.

#### Тема 3. Стационарные решения нелинейных уравнений. Уравнение Бюргерса. Уравнение КдФ. Скорости нелинейных волн.

устный опрос , примерные вопросы:

Скорости нелинейных волн (Уизем).

**Тема 4. Сложная динамика нелинейных систем. Модель Лоренца. Конвекция Бенара. Динамический хаос. Критерии. Модельные системы. Отображения Пуанкаре. Показатели Ляпунова. Управление хаосом**

контрольная работа , примерные вопросы:

Найти дисперсионное соотношение для заданного уравнения эволюции. 2. Найти фазовую и групповую скорость для заданного уравнения эволюции. 3. Вычислить заданную ДП и ДИ. 4. Вычислить степень детерминированности и время детерминированного поведения. 5. Произвести вейвлет- преобразование. 6. Вычислить скалограмму. 7. Вычислить автокорреляционную функцию.

**Тема 5. Хаос и фракталы. Самоподобие. Уравнения эволюции в дробных производных.**

представление презентации , примерные вопросы:

Модель Лоренца. Критерии динамического хаоса.

презентация , примерные вопросы:

Определение фрактальной размерности

**Тема 6. Основные понятия и методы вейвлет-анализа. Фурье и вейвлет- анализ.**

**Критерии. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование. Свойства. Скалограмма.**

устный опрос , примерные вопросы:

Вейвлет-преобразование. Дискретный случай.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Для аттестации студентов проводятся контрольная работа и зачет.

На практических занятиях рассматриваются вопросы организационной структуры различных предприятий в виде индивидуальных докладов-презентаций учащихся с дискуссией по разделам курса.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Локально-неравновесные модели процессов переноса.

Гравитационные волны в жидкостях Капиллярно-гравитационные волны

Скорости нелинейных волн.

Модель Лоренца.

Критерии динамического хаоса

Определение фрактальной размерности

Вейвлет-преобразование. Дискретный случай.

**ЗАДАЧИ КОНТРОЛЬНОЙ**

1. Найти дисперсионное соотношение для заданного уравнения эволюции.
2. Найти фазовую и групповую скорость для заданного уравнения эволюции.
3. Вычислить заданную ДП и ДИ.
4. Вычислить степень детерминированности и время детерминированного поведения.
5. Произвести вейвлет- преобразование.
6. Вычислить скалограмму.
7. Вычислить автокорреляционную функцию.

**ВОПРОСЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ**

1. Локально-неравновесные модели процессов переноса.
2. Основные уравнения гидродинамики. Волны в жидкостях.
3. Гравитационные волны в жидкостях. Случай мелкой воды.
4. Гравитационные волны в жидкостях. Случай глубокой воды.
5. Уравнение Бюргерса.



6. Уравнение КдФ.
7. Динамический хаос, критерии динамического хаоса.
8. Модель Лоренца.
9. Фракталы, фрактальная размерность.
10. Основные понятия вейвлет-анализа.
11. Фурье-анализ, оконное преобразование Фурье и вейвлет-анализ.
12. Стохастический резонанс.

### 7.1. Основная литература:

1. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. Приложения к нелинейной акустике. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. "Физматлит"Издательство: 978-5-9221-1042-6ISBN: 2011 год:496 стр.// [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2171](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2171)
2. Теория линейных и нелинейных колебаний. Алдошин Г. Т. "Лань"Издательство:978-5-8114-1460-4ISBN: 2013 год: 2-е изд., стер. Издание: 320 стр.// [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4640](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4640)
3. Основы теории нелинейных колебаний. Скубов Д.Ю. "Лань"Издательство:978-5-8114-1470-3ISBN: 2013 год: 1-е изд.Издание:320 стр.// [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=30203](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=30203)
4. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем Пелюхова Е.Б., Фрадкин Э.Е."Лань"Издательство: 978-5-8114-1138-2ISBN: 2011 год: 2-е изд., испр.Издание:448 стр.// [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=649](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=649)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Шустер Г. Детерминированный хаос. М., Мир, 1988, 240с.
2. Кравцов Ю.А. Случайность и предсказуемость динамического хаоса. Сб. Нелинейные волны, М., Наука, 1989, с.276-288.
3. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук.- 1996.-Т.166, ♦11.- С.1145-1170.
4. Соболев С.Л. Локально-неравновесные модели процессов переноса. УФН, 1997. ♦167(10).-С.1095-1106 .
5. Бхатнагар П. Нелинейные волны в одномерных дисперсных системах. М., Мир, 1983, 136с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.:Физматлит.-2003.-736с.
7. Мун Ф., Хаотические колебания. М., Мир, 1990, 312 с.
8. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. - 2001. - т.171. - ♦5. - С.465-501.
9. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005, 671 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- А.Ю.Лоскутов. Очарование хаоса. - [http://ufn.ru/ufn10/ufn10\\_12/Russian/r1012c.pdf](http://ufn.ru/ufn10/ufn10_12/Russian/r1012c.pdf)
- Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2665](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2665)
- Теория и практика вейвлет- преобразования, интернет ресурсы. (В.Грибунин) - <http://www.autex.spb.ru/wavelet/>
- Турбулентность и самоорганизация. Проблемы моделирования космических и природных сред. Колесниченко А.В., Маров М.Я. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4382](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4382)

Численные решения математических уравнений (мир математических уравнений) - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/education/edu-pde.htm>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Физика нелинейных явлений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 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 Intel Core 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.

Переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проектор, ноутбук).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Информационные процессы и системы .

Автор(ы):

Овчинников М.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шерстюков О.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.