

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



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Введение в физику нелинейных систем БЗ.ДВ.2

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Прошин Ю.Н.

Рецензент(ы):

Таюрский Д.А., Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 6148714

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. (профессор) Прошин Ю.Н. Кафедра теоретической физики Отделение физики, Yurii.Proshin@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Введение в физику нелинейных систем" являются изучение основных понятий современной физики нелинейных систем, освоение на конкретных примерах терминологии динамического хаоса и синергетики, овладение основами компьютерного моделирования нелинейных систем

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.2 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина (Б3.ДВ.2) входит в базовую часть профессионального цикла (Б.3). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, теоретическая механика, дифференциальные и интегральные уравнения, теория вероятности и математическая статистика. Изучение основных понятий и терминологии современной физики нелинейных систем достаточно для понимания современного состояния в этой области физики и позволит в дальнейшем изучать курсы общенаучного и профессионального циклов основной образовательной программы бакалавриата и магистратуры

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-4 (профессиональные компетенции)	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные модели и причины появления структур, хаоса и бифуркаций в динамических системах

2. должен уметь:

понимать современную терминологию физики нелинейных процессов

3. должен владеть:

навыками аналитических и компьютерных вычислений физических характеристик нелинейных систем

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 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. Основные модели и понятия физики нелинейных систем.	5	1-3	3	3	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Самоорганизация и динамический хаос.	5	4-5	2	2	0	отчет
3.	Тема 3. Динамические системы. Фракталы.	5	6-8	2	4	0	отчет
4.	Тема 4. Хаос, экспериментальное наблюдение.	5	9-10	4	0	0	устный опрос
5.	Тема 5. Точечные отображения, их основные свойства.	5	11-13	3	3	0	домашнее задание отчет
6.	Тема 6. Сценарии появления хаоса.	5	14-16	3	3	0	устный опрос
7.	Тема 7. Волны и структуры в активных средах.	5	14-18	1	1	0	отчет
8.	Тема 8. Моделирование хаоса и бифуркаций в динамических системах.	5	1-18	0	1	0	домашнее задание отчет
9.	Тема 9. Примеры нелинейных систем.	5	1-18	0	1	0	домашнее задание отчет
10.	Тема 10. Подготовка к зачету	5		0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	зачет
	Итого			18	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные модели и понятия физики нелинейных систем.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Основные модели и понятия физики нелинейных систем. Их классификация и методы исследования. Примеры синергетических систем.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Примеры. Исследование линейного и нелинейного маятников. Фазовый портрет. Понятие бифуркации.

Тема 2. Самоорганизация и динамический хаос.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Самоорганизация. Динамический хаос. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Аттракторы. Отображения Пуанкаре.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Решение задачи Эно-Эйлеса. Динамический хаос. Отображения Пуанкаре.

Тема 3. Динамические системы. Фракталы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Динамические системы. Теорема Колмогорова-Арнольда-Мозера (КАМ). Основные понятия, модели и свойства фрактальных объектов. Фрактальные свойства хаоса.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Теория возмущений [Заславский, Сагдеев, Глава 2, ♦1]. . Типы и свойства фракталов. Компьютерные модели фракталов.

Тема 4. Хаос, экспериментальное наблюдение.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Критерии появления хаоса. Экспериментальное наблюдение нерегулярности движения. Примеры физических, химических, биологических, социальных систем.

Тема 5. Точечные отображения, их основные свойства.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Точечные отображения, их основные свойства. Основные определения, одномерные и двумерные отображения. Циклы. Устойчивые и неустойчивые точки любой кратности. Лестница Ламерея.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Исследование одномерного квадратичного отображения и двумерного отображения Эно. Константы Фейгенбаума. Возникновение хаоса.

Тема 6. Сценарии появления хаоса.

лекционное занятие (3 часа(ов)):

Бифуркации и различные сценарии появления хаоса и их экспериментальное подтверждение. Проявление нерегулярности движения в различных системах.

практическое занятие (3 часа(ов)):

Моделирование рождения хаоса в детерминированной системе: в двумерном отображении Эно, последовательности бифуркаций Фейгенбаума для квадратичного отображения, построении бифуркационной диаграммы.

Тема 7. Волны и структуры в активных средах.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Активные элементы. Автоколебательные системы. Волны и структуры в активных средах, их математическое описание и принципы моделирования.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Волны и структуры в активных средах. Разбор первой главы книги [1]

Тема 8. Моделирование хаоса и бифуркаций в динамических системах.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Компьютерное моделирование хаотического движения и исследование бифуркаций в динамических системах. Понятие о клеточных автоматах. Постановка задач для самостоятельного выполнения (см. ниже список)

Тема 9. Примеры нелинейных систем.

практическое занятие (1 часа(ов)):

Примеры. Аналитические и компьютерные исследования нелинейных систем. Постановка задач для самостоятельного выполнения (см. ниже список)

Тема 10. Подготовка к зачету

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
2.	Тема 2. Самоорганизация и					

динамический хаос.

5

4-5

подготовка к
отчету

2

отчет

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Динамические системы. Фракталы.	5	6-8	подготовка к отчету	2	отчет
4.	Тема 4. Хаос, экспериментальное наблюдение.	5	9-10	подготовка к опросу	1	устный опрос
5.	Тема 5. Точечные отображения, их основные свойства.	5	11-13	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к отчету	3	отчет
6.	Тема 6. Сценарии появления хаоса.	5	14-16	подготовка к устному опросу	1	устный опрос
7.	Тема 7. Волны и структуры в активных средах.	5	14-18	подготовка к отчету	6	отчет
8.	Тема 8. Моделирование хаоса и бифуркаций в динамических системах.	5	1-18	выполнение домашних письменных заданий из приложенного списка	2	домашнее задание
				написание программ и получение численных результатов по заданиям из приложенного списка	8	отчет
9.	Тема 9. Примеры нелинейных систем.	5	1-18	выполнение домашних письменных заданий из приложенного списка	1	домашнее задание
				написание программ и получение численных результатов по заданиям из приложенного списка	3	отчет
10.	Тема 10. Подготовка к зачету	5		подготовка к зачету	6	зачет
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Интерактивные технологии. Проведение лекций и практик с использованием современных вычислительной, мультимедийной техники и программного обеспечения.

Используются следующие формы учебной работы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации. Методические материалы размещены в интернете на сайте Института Физики. Консультации проводятся в обозначенное в расписании время и в режиме "online".

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

Тема 1. Основные модели и понятия физики нелинейных систем.

Тема 2. Самоорганизация и динамический хаос.

отчет , примерные вопросы:

Составить компьютерную программу, иллюстрирующую появление хаоса в динамической системе Эно-Эйлеса

Тема 3. Динамические системы. Фракталы.

отчет , примерные вопросы:

Изучение темы из книги Заславский, Сагдеев [доп.6]. Разобрать теорию возмущений для нелинейной динамической системы.

Тема 4. Хаос, экспериментальное наблюдение.

устный опрос , примерные вопросы:

Аналитически показать, что при различном выборе вектора начального смещения показатели Ляпунова меняются скачкообразно.

Тема 5. Точечные отображения, их основные свойства.

домашнее задание , примерные вопросы:

Аналитическое нахождение третьего бифуркационного значения логистического отображения. Аналитически найти неподвижные точки двумерного отображения Эно и исследовать их на устойчивость.

отчет , примерные вопросы:

Построение лестницы Ламерея (комп. программа). Построение бифуркационной диаграммы

Тема 6. Сценарии появления хаоса.

устный опрос , примерные вопросы:

Самостоятельно провести доказательство нескольких соотношений из курса (теорема Лиувилля ? связь изменения объема фазового пространства с дивергенцией скорости и с суммой показателей Ляпунова)

Тема 7. Волны и структуры в активных средах.

отчет , примерные вопросы:

Подготовить выступление по первым трем главам книги Лоскутова, Михайлова [1]

Тема 8. Моделирование хаоса и бифуркаций в динамических системах.

домашнее задание , примерные вопросы:

См. ниже список заданий

отчет , примерные вопросы:

См. ниже список практических заданий

Тема 9. Примеры нелинейных систем.

домашнее задание , примерные вопросы:

См. ниже список заданий

отчет , примерные вопросы:

См. ниже список практических заданий

Тема 10. Подготовка к зачету

зачет , примерные вопросы:

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ 1. Предмет курса. 2. Порядок и хаос. 3. Понятие о синергетике. 4. Примеры самоорганизации в гидродинамике - ячейки Бенара. 5. Примеры самоорганизации в биологии - эксперименты Келсо. 6. Примеры самоорганизации в химии - реакция Белоусова-Жаботинского. 7. Примеры самоорганизации в физике - лазеры. 8. Консервативные и диссипативные системы. 9. Переменные типа действие-угол. 10. Инвариантные торы. Периодическое и квазипериодическое движение. 11. Основные свойства отображения Пуанкаре. 12. Модель Эно-Эйлеса. 13. Теорема Колмогорова-Арнольда-Мозера (КАМ). 14. Фракталы. Основные понятия. Регулярные фракталы. Размерность Хаусдорфа. 15. Фракталы. Основные понятия. Нерегулярные фракталы. Размерность Хаусдорфа. 16. Фракталы. Основные понятия. Множество Мандельброта. Размерность Хаусдорфа. 17. Фрактальные свойства хаоса. 18. Критерии хаоса (экспериментальное обнаружение хаоса). 19. Аттракторы. 20. Устойчивость динамических систем. 21. Показатели Ляпунова. 22. Спектральная плотность и автокорреляционная функция. 23. Точечные отображения, их основные свойства. 24. Универсальность Фейгенбаума. 25. Бифуркации и появление хаоса (различные сценарии). 26. Волны и структуры в активных средах (бистабильные, возбудимые и автоколебательные элементы, их описание с помощью диф. уравнений). 27. Клеточные автоматы. Основные принципы. 28. Описание эксперимента Келсо. 29. Применение прикладного пакета MatLab для компьютерного моделирования физических систем.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Форма аттестации: зачет

1) Для самостоятельной работы студентов:

Сайт кафедры

1. Прошин, Ю.Н. Вычислительная физика (практический курс)/ Ю.Н. Прошин, И.М. Еремин. - Казань: Казанский государственный университет, 2009. - 180 с.

2. Сайт кафедры и страница профессора Прошина Ю.Н.
<http://www.ksu.ru/f6/index.php?id=12&idm=2&num=43>

Регламент бально-рейтинговой системы по практическим занятиям

"Введение в физику нелинейных систем"

(3 курс, спецкурс кафедры теоретической физики)

[1] Текущая работа 3

[2] Аналитические задачи 21

[3] Компьютерные задания 25

[4] Зачет (два вопроса из списка вопросов) 50

Задание по практике баллы

Аналитические задачи

1 Разобрать теорию возмущений для нелинейной динамической системы. 3

2 Аналитически показать, что при различном выборе вектора начального смещения показатели Ляпунова меняются скачкообразно. 5

3 Аналитически найти неподвижные точки двумерного отображения Эно и исследовать их на устойчивость. 5

4 Аналитически получить первые три бифуркационных значения управляющего параметра для квадратичного отображения, исследовать появление устойчивых циклов 4 порядка. 5

5 Самостоятельно провести доказательство нескольких соотношений из курса (теорема Лиувилля - связь изменения объема фазового пространства с дивергенцией скорости и с суммой показателей Ляпунова) 3

Компьютерные задания

6 Составить компьютерную программу, иллюстрирующую появление хаоса в динамической системе Эно-Эйлеса. 7

7 На основе исследования моделей маятника разобрать численное решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

8 Смоделировать на компьютере рождение хаоса в детерминированной системе - в двумерном отображении Эно. 4

9 Исследовать на компьютере последовательность бифуркаций Фейгенбаума для квадратичного отображения 4

10 Изучить принципы построения и работы компьютерных моделей клеточных автоматов, воспроизвести результаты книги [1]. 11

Текущая работа студента (домашние работы, активность на занятиях, ответы на вопросы на лекциях и на практике, и т.д.) 3

Итого по практике 50

Аттестация - зачет 50

Итого 100

7.1. Основная литература:

1. Структуры и хаос нелинейных средах / Ахромеева Т.С., Курдумов С.П., Малинецкий Г.Г., Самарский А.А. - М.: Физматлит, 2007. - 488 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2094

2. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем/ Пелюхова Е.Б., Фрадкин Э.Е. - СПб.: Лань, 2011. - 448 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=649

3. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах./ Багдоев А.Г., Ерофеев В.И., Шекоян А.В. - М.: Физматлит, 2009. - 320 с.:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2665

7.2. Дополнительная литература:

1. Теоретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., ФИЗМАТЛИТ, 2002, 536 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2692

2. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.- 4-е изд., стереот.- 2004.- Издательство "Лань" Электронно-библиотечная система. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2235

7.3. Интернет-ресурсы:

algolist (фракталы и проч.) - <http://algolist.manual.ru/graphics/fractart.php>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

Сайт кафедры теоретической физики КФУ - http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=5721

Страница профессора Прошина Ю.Н. - <http://mrsej.kpfu.ru/pro/>

Фракталы. Красивая коллекция - <http://shakin.ru/creative/fractals.html>

Электронная библиотека по хаосу -

http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/nelineinaja_dinamika__haos/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Введение в физику нелинейных систем" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Современная вычислительная и мультимедийная техника: компьютеры, ноутбуки, проекторы, презентеры и т.д. на кафедре теоретической физики.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Прошин Ю.Н. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Таюрский Д.А. _____

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.