



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДВФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«28» февраля _____ 2023 г. _____



«УТВЕРЖДАЮ»

и.о. директора департамента
Общей и экспериментальной физики

(подпись)

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

«28» февраля _____ 2023 г. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Элементы теории фракталов в физике

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль: Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями *Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Минобрнауки России*

от 22 сентября 2017 г. № 959 / *ОС ДВФУ, утвержденного*
от _____ 20 г. № _____.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

и.о. директора департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент Короченцев В.В.

Составители: к.ф.-м.н. Титов П. Л.

Владивосток

2023

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№

Аннотация дисциплины
Элементы теории фракталов в физике

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы/144 академических часа. Является дисциплиной по выбору, изучается на 2 курсе и завершается *экзаменом*. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме часов, практических/лабораторных 36/36 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента в объеме 72 часов (в том числе 36 часов на подготовку к экзамену).

Язык реализации:

Русский

Цель:

Получение базовых знаний по основам теории фракталов (и основных научных направлений, в которых она используется), по ее применению для рассмотрения ряда физических задач, а также получение практических навыков по моделированию фрактальных объектов, процессов, систем и расчету их фрактальных характеристик на персональных компьютерах в пакетах математического моделирования.

Задачи:

- изучение основных понятий и терминов теории фракталов;
- ознакомление с классификацией фракталов;
- рассмотрение понятия фрактальной размерности;
- вычисление фрактальной размерности для известных фрактальных объектов;
- обзор современных научных областей, в которых применяется теория фракталов;
- рассмотрение теории фракталов применительно к физическим задачам;
- приобретение навыков моделирования фрактальных объектов, процессов, систем в пакетах математического моделирования;

- приобретение навыков расчета фрактальных характеристик различных естественных и модельных искусственных объектов в пакетах математического моделирования.

Для успешного освоения учебного материала студенты должны пройти курсы «Физики», «Высшей математики», «Информатики». Курс «Физики» необходим для понимания ряда явлений, к которым применяется теория фракталов, их внутренних механизмов. Некоторые разделы «Высшей математики» требуются как при изучении основ теории фракталов, например, при рассмотрении понятий размерности и множества, так и в дальнейшем при моделировании, например, ряды Фурье, используемые для спектрального представления процессов. «Информатика» необходима как базовые знания вычислительной математики и основных конструкций в программировании, которые используются для освоения математических пакетов в части фрактального моделирования.

Изучаемый материал, в свою очередь, является базой для изучения последующих дисциплин физического цикла с уклоном в сторону вычислительного моделирования и дальнейшей профессиональной деятельности.

Компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине:

Тип задач профессиональной деятельности	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.1 выбирает теоретические и экспериментальные методы исследования изделий микро- и нанoeлектроники
		ПК-1.2 анализирует тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, смежных областей науки и техники
		ПК-1.3 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний
Научно-исследовательский	ПК-6 Способен планировать и проводить эксперименты по моделированию и практическому определению структуры и свойств материалов, перспективных для	ПК-6.1 демонстрирует знание методов исследования поверхности низкоразмерных структур, основных типов и параметров лабораторных установок для

	электроники и нанoeлектроники	экспериментальных исследований
		ПК-6.2 осуществляет моделирование и практическое определение структуры и свойств материалов
		ПК-6.3 применяет методы математического описания физических процессов, протекающих в низкоразмерных структурах

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 выбирает теоретические и экспериментальные методы исследования изделий микро- и нанoeлектроники	Знает способы обоснованного выбора методик экспериментальных исследований; способы выбора средства измерения для решения конкретной измерительной задачи; практические методики исследования параметров полупроводниковых материалов и приборов; методы обработки результатов измерений
	Умеет выбирать методики и средства измерений для экспериментальных исследований параметров узлов электронной техники; проводить измерения различных параметров при контроле производственных процессов; самостоятельно изучать и понимать; специальную научную и методическую литературу, связанную с планированием эксперимента и отдельных его этапов при производстве изделий электронной техники
	Владеет навыками составления экспериментальных методик исследований; навыками выбора методики и средств измерений для экспериментальных исследований параметров материалов и приборов при производстве электронной техники; практическими способами контроля заданных параметров при решении измерительных задач в производстве электронной техники, в зависимости от типа исследуемого материала или прибора
ПК-1.2 анализирует тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, смежных областей науки и техники	Знает перспективные направления электроники и нанoeлектроники, в которых используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; современные способы решения научных и инновационных задач, возникающих в конкретной предметной области электроники и нанoeлектроники
	Умеет определять перспективные направления электроники и нанoeлектроники, в которых используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; использовать современные способы решения научных и инновационных задач электроники и нанoeлектроники для достижения конкретного результата
	Владеет способами и навыками, позволяющими

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	<p>определять перспективные направления электроники и наноэлектроники, в которых активно используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; методиками достижения конкретного результата на основе использования современных способов решения научных и инновационных задач электроники и наноэлектроники</p>
<p>ПК-1.3 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний</p>	<p>Знает способы планирования, постановки целей и задач, а также определения основных этапов научного исследования; знает способы обоснованного выбора современных методик научных исследований; способы выбора средства измерения для решения конкретной измерительной задачи</p>
	<p>Умеет планировать научное исследование, ставить цели и задачи, а также выделять основные этапы; знает способы выбора методики и средства измерений для проведения научных исследований; умеет проводить измерения различных параметров; умеет изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с планированием научных исследований</p>
	<p>Владеет навыками постановки целей, задач и составления методик научных исследований; навыками выбора методики и средств измерений для научных исследований различной направленности; владеет практическими навыками контроля заданных параметров при решении измерительных задач с учетом специфики микро- и наноэлектроники</p>
<p>ПК-6.1 демонстрирует знание методов исследования поверхности низкоразмерных структур, основных типов и параметров лабораторных установок для экспериментальных исследований</p>	<p>Знает способы выборы методик экспериментальных исследований; устройство полупроводниковых приборов различного назначения; разновидности устройств электроники и наноэлектроники; практические методики исследования параметров полупроводниковых материалов и приборов; современное состояние достижений, проблем и путей их решения в физике полупроводников</p>
	<p>Умеет анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели различных явлений в полупроводниках и соответствующих полупроводниковых приборов; самостоятельно изучать и понимать; специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами современной физики полупроводников и низкоразмерных систем; умеет выбирать типы и характеристики лабораторных установок для проведения экспериментальных исследований в соответствующей предметной области</p>
	<p>Владеет способами описания различных механизмов проводимости и явлений в полупроводниках; навыками составления экспериментальных методик исследований и способами описания физико-математических моделей</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	полупроводниковых приборов, явлений в полупроводниках и их характеристик на основе физических законов; методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников для определения необходимых характеристик приборов, систем, установок различного назначения
ПК-6.2 осуществляет моделирование и практическое определение структуры и свойств материалов	Знает основные физические законы, а также положения теории фракталов и динамического хаоса, пригодные для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; знает способы составления математических моделей и вычислительного моделирования для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; знает способы практического определения структуры и свойств материалов и устройств микро- и наноэлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств измерения
	Умеет определять физические законы, а также положения теории фракталов и динамического хаоса, пригодные для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; умеет составлять математические модели и проводить вычислительное моделирование для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; умеет определять структуру и свойства материалов и устройств микро- и наноэлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств измерения
	Владеет навыками определения физических законов и их следствий, а также положений теории фракталов и динамического хаоса, пригодных для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; владеет различными способами выбора/составления математических моделей и вычислительного моделирования для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; владеет навыками практического определения структуры и свойств материалов и устройств микро- и наноэлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств измерения
ПК-6.3 применяет методы математического описания физических процессов,	Знает основные идеи и методы теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов; знает основные методы вычислительной

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
протекающих в низкоразмерных структурах	физики и математического моделирования различных явлений, процессов, объектов, в том числе в области наноэлектроники, структур пониженной размерности
	Умеет использовать основные идеи и методы теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов; умеет анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели различных явлений, процессов, объектов; умеет самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с вопросами вычислительного моделирования
	Владеет методологией теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов, в том числе в низкоразмерных структурах; владеет навыками составления алгоритмов для решения физико-математических задач, для моделирования различных явлений, процессов, объектов на основе физических законов; владеет навыками применения полученных знаний и результатов моделирования для решения конкретных практических задач в выбранной предметной области

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «*Элементы теории фракталов в физике*» применяются следующие образовательные технологии и методы активного/интерактивного обучения: проблемное занятие, дискуссия, метод анализа конкретных примеров.

I. Трудоемкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы (144 академических часа).

II. Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел I. Основы фрактальной геометрии. Классификация фракталов. построение фракталов. Применение теории фракталов для рассмотрения физических задач	3		18	18		18		Экзамен (вопросы к экзамену 1-12)
2	Раздел II. Нелинейная динамика. Связь фракталов и теории динамического хаоса. Хаотическая динамика нелинейных систем	3		18	18		18		Экзамен (вопросы к экзамену 13-31)
	Итого:			36	36		36	36	

III. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Основы фрактальной геометрии. Классификация фракталов. построение фракталов. Применение теории фракталов для рассмотрения физических задач

Тема 1. Основные положения теории фракталов. Классификация и примеры фрактальных объектов

Введение в теорию фракталов. Основные отличия гладких объектов евклидовой геометрии от природных объектов. Определение фрактала по Б.Мандельброту. Рассмотрение естественных фракталов на примере береговой линии.

Понятие размерности гладких и фрактальных объектов. Классификация фрактальных объектов (математические и физические фракталы, подкатегории). Основные математические фракталы: «пыль» Кантора, «снежинка» Коха, «салфетка» Серпинского, определение их размерности. Нарушение законов евклидовой геометрии на примере соотношения периметров и площадей фрактальных «шестиугольников». Примеры естественных фрактальных объектов.

Тема 2. Фракталы в задаче перколяции. Фрактальные структуры в

моделях с агрегацией, ограниченной диффузией

Рассмотрение задачи перколяции на квадратной решетке. Задача перколяции по узлам и по связям. Определение порога перколяции. Появление фрактальных кластеров при достижении порога перколяции. Закон распределения размеров кластеров. Рассмотрение задачи перколяции на решетках различной структуры.

Ограниченная диффузией агрегация. Получение фрактальных структур при случайном блуждании частиц и последующем «прилипанию» к уже полученному кластеру. Разновидности, модификации.

Тема 3. Способы определения фрактальной размерности множества

Экспериментальные способы определения фрактальной размерности. Логарифмические оси. Методика Грассбергера-Прокаччо. Информационная размерность. Корреляционная размерность, корреляционный интеграл. Спектр размерностей Реньи. Мультифрактальные множества. Виды фрактальности. Фрактальность геометрическая и фрактальность структурная. Древесные графы как пример объекта со структурной фрактальностью. Фрактальная размерность как отношение энтропий.

Раздел II. Нелинейная динамика. Связь фракталов и теории динамического хаоса. Хаотическая динамика нелинейных систем

Тема 4. Связь фрактальной геометрии и теории динамического хаоса. Основы теории динамического хаоса. Понятие аттрактора и фазового пространства

Основные понятия теории динамического хаоса. Основные свойства хаоса. Нелинейность и детерминированность. Фракталы как результат функционирования нелинейных динамических систем. Понятие о фазовом пространстве. Устойчивость траекторий в фазовом пространстве. Зависимость от начальных условий.

Способы задания поведения хаотических систем (потoki, каскады). Описание динамических систем через системы дифференциальных уравнений. Численное решение системы дифференциальных уравнений. Понятие о традиционных (фокус, цикл, тор) и странных аттракторах.

Тема 5. Аттракторы простейших хаотических систем. Электронные генераторы хаотических сигналов

Классические аттракторы: аттракторы типа устойчивый цикл, фокус, тор. Соответствующие им зависимости от времени. Термин «странный аттрактор». Отображение Эно. Отображение Икеды.

Система Лоренца-Рёсслера и ее аттрактор. Автоколебательная реакция по А.Тьюрингу. Свойства странных аттракторов.

Осциллятор Уеды. Осциллятор Ван-дер-Поля. Осциллятор Дуффинга. Неавтономный автогенератор с жестким возбуждением. Карты динамических режимов.

Электронные генераторы хаотических колебаний и соответствующие им аттракторы. Генератор Кияшко-Пиковского-Рабиновича. Генератор Дмитриева-Кислова. Схема Л. Чуа.

Анализ работы автогенератора при наличии шума. Метод линеаризации. Статистическая динамика фазовой автоподстройки.

Способы описания странных аттракторов и поведения хаотических динамических систем. Сечения Пуанкаре. Показатели Ляпунова.

Влияние шума на форму аттракторов хаотических систем.

Тема 6. Описание поведения хаотических систем в зависимости от значений управляющих параметров. Бифуркационные диаграммы. Сценарии перехода к хаосу

Динамика популяций. Уравнение Ферхюльста. Фазовое пространство, траектория системы, аттрактор. Нарушение устойчивости и переход к хаотическому поведению. Сценарий Фейгенбаума перехода к хаосу через бифуркации удвоения периода. Описание поведения динамической системы через точечное отображение. Процедура Кёнигса-Ламерея. Управляющий параметр системы. Типы аттракторов. Бифуркационная диаграмма. Коэффициенты подобия бифуркационной диаграммы по различным осям. Универсалии Фейгенбаума.

Сценарий Рюэля-Такенса перехода к хаосу через разрушение двухчастотных колебаний. Сценарий Помо-Манневиля перехода к хаосу через перемежаемость (за счет увеличения числа хаотических всплесков).

Тема 7. Самоподобные случайные процессы с обобщенно-гиперболическим Фурье-спектром

Самоподобие степенных законов. Самоподобие шумов со спектральной плотностью, подчиняющейся обобщенно-гиперболическому закону. Степень их случайности/неслучайности. Понятие о шумах. Аддитивный белый гауссовский шум. Понятие об автокорреляционной функции. Понятие свёртки. Розовый шум как психоакустический эквивалент белого шума. Интеграл от броуновского движения (винеровский процесс) – коричневый шум. Спектр мощности кривых изменения цен на фондовом и валютном рынках. Синий шум. Черный шум, соответствующий катастрофическим явлениям. Интерпретация интегрирования и дифференцирования как операций фильтрации. Скорость спада амплитудно-частотной характеристики для фильтров первого порядка.

Оценка степени случайности процесса при помощи показателя Херста ($H=R/S$). Значения показателя, соответствующие различным шумам.

Автокорреляционные функции шумов. Связь показателя Херста и степенного показателя спектральной плотности шума.

Математические и физические способы получения шумов с различным спектром.

IV. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (36 час.)

Лабораторная работа №1. Общие способы построения известных фракталов. Построение «пыли» Кантора, «снежинки» Коха, «салфетки» Серпинского и других фракталов (5 час.)

1. В начале занятия каждый студент выбирает один из фрактальных объектов для последующего самостоятельного построения на компьютере при помощи пакета математического моделирования. Фрактал может быть выбран как самостоятельно, так и вместе с преподавателем.

2. Далее необходимо понять преобразование, которому подвергается каждый элемент фрактала на текущей итерации.

3. Построить вручную несколько итераций (3-4) для выбранного фрактала. На каждой итерации пронумеровать узловые точки фрактала (например, слева направо).

4. Установить зависимость числа узловых точек от номера итерации и характер изменения номеров крайних точек какого-либо элемента при переходе к следующей итерации.

5. Установить, какие новые узловые точки появляются в каждом элементе при переходе к следующей итерации, какими будут их номера.

6. Запрограммировать в цикле полученные зависимости для преобразований элементов фрактала (обычно циклов два: первый – для номера итерации, второй – для прохождения по всем элементам фрактала с целью применения преобразования). Примечание: число итераций не должно быть большим (!). Для начала можно задать 4-5 итераций построения фрактала, и только после отладки работы программы это число можно плавно увеличивать.

7. Вывести результаты всех итераций на экран на одном либо на разных графиках в одном окне. Если все итерации приводятся на одном графике, то необходимо задать соответствующее вертикальное смещение во избежание наложения. Отдельно вывести итоговый результат.

8. Убедиться в том, что это действительно фрактал, при помощи инструмента масштабирования: при увеличении масштаба форма фрактала сохраняется до определенного момента (в зависимости от числа проведенных итераций).

Типовое задание №2:

Построить изображение фрактала Кантора (Канторова «пыль») для заданного числа итераций n . Не рекомендуется задавать n больше 7-8 (необоснованно возрастет время вычислений).

Типовое задание №3:

Построить изображение фрактала Коха («снежинка» Коха) для заданного числа итераций n . Не рекомендуется задавать n больше 6-7 (необоснованно возрастет время вычислений).

Типовое задание №5:

Построить изображение «ковра» Серпинского для заданного числа итераций n . Не рекомендуется задавать n больше 7-10 (необоснованно возрастет время вычислений).

Лабораторная работа №2. Анализ логистического отображения. Построение процедуры Кёнигса-Ламерея при различных значениях управляющего параметра (5 час.)

В начале занятия преподаватель дает основные теоретические сведения о логистическом отображении, описывающем динамику численности популяции, и о методике построения диаграммы Кёнигса-Ламерея.

Затем индивидуально каждому студенту или группе студентов из 2-3 человек даются значения управляющего параметра (3 значения), для которых необходимо графически (без использования численных результатов) реализовать процедуру (в тетради, при помощи художественных средств ПК или на доске).

Следствием графических способов построения являются неизбежные неточности в динамике системы, особенно вблизи точек бифуркации и других характерных точек. В результате чего возникнут противоречия между диаграммами студентов.

Необходимо обсудить возникшие противоречия и прийти к корректному результату, удовлетворяющему всех. На этапе дискуссии пользоваться вычислительными средствами анализа сценария Фейгенбаума запрещается.

После того, как результаты были обсуждены, студенты самостоятельно строят траекторию поведения системы на компьютере для всех заданных значений управляющего параметра при помощи пакета моделирования MathCAD (или аналога). Для этого необходимо:

1. Проанализировать квадратичную зависимость логистического отображения. При условии, что отображение строится в осях x_n и x_{n+1} на отрезках от 0 до 1 (единичный квадрат), вычислить максимальную величину управляющего параметра.

2. Реализовать отображение графически на основе вычислений. Для начала необходимо понять, как строятся точки траектории в фазовом пространстве на координатах x_n и x_{n+1} . Затем необходимо установить зависимость абсциссы и

ординаты соответствующей точки от одного-двух предшествующих значений.
Примечание: удобнее вычислять точки парами.

3. Запрограммировать установленную зависимость и вывести траекторию системы на графике. На этом же графике показать параболу заданной амплитуды, соответствующую отображению, и прямую $x_{n+1}=x_n$.

Далее полученные результаты сверяются с истинными и делаются общие выводы.

Лабораторная работа №3. Построение и анализ бифуркационной диаграммы Фейгенбаума. Расчет универсальных констант (5 час.)

Задачи выполняются в форме компьютерного моделирования с возможностью индивидуального и группового консультирования преподавателем в процессе решения. Предварительно преподаватель дает необходимые теоретические сведения в лекционном курсе, а также непосредственно в начале практического занятия. Знакомит со средой моделирования (MathCAD или аналоги), если у студентов отсутствуют навыки работы с ней.

Типовое задание №1:

Построить бифуркационную диаграмму Фейгенбаума при следующих заданных входных параметрах:

- а) минимальное значение управляющего параметра;
- б) максимальное значение управляющего параметра;
- в) количество точек по управляющему параметру;
- г) количество циклов (итераций) отображения в каждой точке;
- д) количество отображаемых циклов в каждой точке.

Например:

- а) 3,0;
- б) 3,5;
- в) 100;
- г) 500;
- д) 50.

В результате выполнения данного задания в среде MathCAD (или аналоге) должна быть написана небольшая процедура, вычисляющая соответствующие точки бифуркационной диаграммы для заданных параметров.

Типовое задание №2:

Определить расстояние (по управляющему параметру) между m -й и n -й (считая от нуля) точками бифуркаций с точностью 0,01.

В процессе решения необходимо с заданной точностью определить значение управляющего параметра, при котором происходит резкое изменение поведения системы (это и есть точка бифуркации).

Типовое задание №3:

Определить расстояние по ординате от m -й позиции бифуркации до каждой из двух следующих из нее точек в $(m+1)$ -й позиции (считая от нуля).

Типовое задание №4:

Определить расстояние по ординате от m -й точки бифуркации до $(m+1)$ -й и от $(m+1)$ -й до $(m+2)$ -й (считая от нуля), если двигаться по верхним ветвям бифуркационной диаграммы.

Типовое задание №5:

При каком значении управляющего параметра может наблюдаться цикл с кратностью 8?

Типовое задание №6:

Исследуя предел отношения расстояний по управляющему параметру между точками m и $(m+1)$, при $m \rightarrow \infty$, определить одно из универсальных чисел Фейгенбаума.

Примечание: для построения бифуркационной диаграммы могут использоваться результаты практического занятия №2. В дополнение к ним необходимо:

1. Понять, что каждая реализация процедуры Кёнигса-Ламерея является одним из сечений бифуркационной диаграммы. Бифуркационная диаграмма служит инструментом, позволяющим описать поведение системы при различных значениях управляющего параметра и понять, какие значения параметра необходимо выбирать для соответствующей задачи.

2. Для построения бифуркационной диаграммы необходимо задаться интервалом и шагом изменения управляющего параметра, числом итераций и числом отображаемых значений при каждом значении управляющего параметра. Например: интервал параметра $3 \dots 4$, шаг $0,01$, число итераций в точке 1000 , из которых отображаются 100 последних значений.

3. Запрограммировать соответствующие вычисления. Вывести бифуркационную диаграмму поточечно на графике. Бифуркационная диаграмма строится в осях: абсцисса – значение управляющего параметра, ордината – асимптотические значения переменной, полученные при многократном итерировании (из которых отображаются 100 последних).

Лабораторная работа №4. Построение и анализ фрактальных аттракторов Эно и Икеды, аттрактора Лоренца-Рёсслера. Анализ влияния шума на форму и устойчивость аттракторов (5 час.)

Вначале преподаватель разбивает группу студентов на подгруппы из нескольких человек. Каждой из них дается индивидуальное задание – построить один из странных аттракторов: Эно, Икеды, Лоренца-Рёсслера. Могут быть также заданы и другие типы хаотических систем по желанию студента при согласовании

с преподавателем.

Каждая группа должна построить в пакете математического моделирования несколько вариантов аттракторов для различных сочетаний управляющих параметров, соответствующих как регулярным, квазипериодическим режимам, так и режимам с различной степенью хаотичности. Сочетания управляющих параметров могут быть как заданы преподавателем, так и выбраны самостоятельно (предварительно, до начала занятия, на основе самостоятельного изучения вопроса).

Далее, в каждый из управляющих параметров при моделировании добавляется контролируемый уровень шума. Целесообразно для простоты использовать генератор случайных чисел с равномерной плотностью – rnd. Постоянная составляющая (сам параметр) и уровень шума (среднее, ширина) выбираются таким образом, чтобы средний уровень величины параметра оставался на прежнем уровне. А полуширина интервала случайной величины выбирается равной последовательно: 10%, 25%, 50%, 75%, 100% от величины суммарного среднего (параметр+шум) значения.

Для всех значений строятся аттракторы и визуально сравниваются. Процедура проводится для всех заданных параметров. Можно также вносить шум в различные параметры одновременно в контролируемой пропорции. Также при наличии времени исследуется влияние шума на режимы с различной степенью хаотичности.

Полученные результаты обсуждаются в группе и делаются выводы о сравнительной устойчивости аттракторов различных систем при наличии шума заданной амплитуды, а также об устойчивости систем по различным параметрам.

Лабораторная работа №5. Моделирование поведения схемы Л.Чуа в программе MathCAD (или аналоге). Расчет параметров схемы для заданного режима и моделирование в программе ElectronicWorkbench (или аналоге) (5 час.)

В результате выполнения задания у каждого студента должны быть рассчитаны номиналы элементов, выбраны активные элементы, собрана рабочая схема генератора хаотических сигналов по схеме Л.Чуа в программе Electronic Workbench (Multisim).

В начале занятия преподаватель кратко описывает задание и приводит основные этапы расчета элементов схемы. Частотный диапазон генератора каждый выбирает самостоятельно по согласованию с преподавателем, в результате чего у каждого из студентов должна быть схема с уникальными значениями параметров элементов.

Студентам предлагается реализовать нелинейный элемент схемы Чуа на конверторах отрицательных сопротивлений, собранных на операционных

усилителях. При желании учащиеся могут предложить свою реализацию (обдуманную заранее, до проведения занятия).

Также в процессе работы необходимо установить интервалы значений элементов (хотя бы для одного из регулирующих элементов – какой-либо емкости, индуктивности, сопротивления), в которых наблюдаются различные режимы поведения – стационарный режим (постоянное значение), периодические колебания, хаотические аттракторы различных типов (в частности, аттрактор Double Scroll).

Лабораторная работа №6. Вычисление размерности фрактального объекта, вложенного в двумерное пространство. Построение случайных и детерминированных фракталов. Вычисление информационной размерности (5 час.)

Задачи выполняются в форме компьютерного моделирования с возможностью индивидуального и группового консультирования преподавателем в процессе решения. Предварительно преподаватель дает необходимые теоретические сведения в лекционном курсе, а также непосредственно в начале практического занятия. Знакомит со средой моделирования (MathCAD или аналоги), если у студентов отсутствуют навыки работы с ней.

Типовое задание №1:

Дано двумерное монохромное (черно-белое) изображение какого-либо фрактального объекта (пример: изображение рек, ветвь дерева, снежинка, фрактальный орнамент, облако, береговая линия, плавучие льдины, карта звездного неба и пр.). Реализовать в вычислительной среде MathCAD (или аналоге) процедуру вычисления фрактальной размерности (ограничение – либо заданная точность, либо отношение максимального и минимального масштабов рассмотрения).

Для решения задачи изображение дробится на отдельные фрагменты. Если часть объекта попадает в какой-либо фрагмент, то он считается занятым. Далее, подсчитывается число занятых фрагментов как функция от размера фрагмента. Наклон прямой, построенной в двойных логарифмических осях, и будет значением фрактальной размерности. Следует помнить, что в реальных объектах прямая получится только на достаточно ограниченном участке, что нужно учитывать при обработке результатов.

Типовое задание №2:

Построить изображение кривой «дракона» для заданного числа итераций n . Не рекомендуется задавать n больше 10-11 (необоснованно возрастет время вычислений).

Типовое задание №3:

Построить изображение «ковра» Серпинского как аттрактивного множества

следующего отображения (т.н. «игра в хаос»). Вначале внутри треугольника выбирается произвольная точка. Затем случайно выбирается одна из вершин треугольника. Находится середина отрезка, образованного начальной точкой и выбранной вершиной треугольника. Эта середина является начальной точкой для второй итерации. Далее снова случайным образом выбирается вершина треугольника и процесс повторяется. Для построения достаточно «плотного» изображения необходимо провести несколько тысяч итераций.

Лабораторная работа №7. Определение спектральных характеристик хаотических и шумовых временных рядов. Идентификация вида шума. Реконструкция аттрактора по временному ряду. Вычисление фрактальных размерностей временных рядов. Использование программы fractan (6 час.)

Задачи выполняются в форме компьютерного моделирования с возможностью индивидуального и группового консультирования преподавателем в процессе решения. Предварительно преподаватель дает необходимые теоретические сведения в лекционном курсе, а также непосредственно в начале практического занятия. Знакомит со средой моделирования (MathCAD или аналоги), если у студентов отсутствуют навыки работы с ней.

Типовое задание №1:

Дана реализация шумоподобного или хаотического сигнала (например, в виде значений в форме txt-файла). Найти спектральную плотность сигнала, пользуясь известными функциями, встроенными в пакет моделирования. По форме спектра сделать соответствующие выводы о возможной природе сигнала (почти регулярный; шумовой (если шумовой, то какой тип шума); хаотический).

Типовое задание №2:

Дана реализация шумоподобного или хаотического сигнала (например, в виде значений в форме txt-файла). Выбрать фазовое пространство, провести реконструкцию аттрактора, пользуясь теоремой Рюэля-Такенса. На основе полученного аттрактора сделать выводы о природе сигнала (почти регулярный; хаотический; шумовой).

Типовое задание №3:

Дан тип шума (примеры: белый, розовый, коричневый, черный, синий, фиолетовый). Сгенерировать временную реализацию данного типа шума достаточной длины (несколько тысяч значений). Рассчитать для нее показатель Херста. Сравнить с теоретическим значением.

После решения задач и получения первичных навыков работы с временными реализациями сигналов) переходят к обсуждению.

Преподаватель дает студентам 10-20 листов, на каждом из которых отпечатана (с хорошим качеством и разрешением) реализация хаотического,

шумового (с различными степенными показателями спада спектральной плотности, например, 1; 1,25; 1,5; 2; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0) или квазипериодического сигнала.

В ходе обсуждения студентам предлагается определить, к какому классу сигналов относится данная реализация; дополнительно для хаотических – к какой из известных систем; дополнительно для шумовых – к какой величине степенного показателя спада спектральной плотности.

После обмена мнениями и согласования студенты выдвигают свои версии, а преподаватель их корректирует, сопровождая комментариями по виду реализаций и соответствующими выводами.

Практические занятия (36 час.)

Практическое занятие №1. Построение Н-фрактала с модификациями (9 час.)

Фрактал строится следующим образом. Вначале выбирается стартовая точка, от которой происходит рост фрактала. Она является центром, корнем всего будущего объекта. Далее в эту точку помещается конструкция, похожая на букву «Н» таким образом, что точка оказывается на середине горизонтального отрезка. Длину горизонтального отрезка можно выбрать в два раза большей, чем длины вертикальных. На этом шаге образуются 4 новых точки ветвления (это концы вертикальных боковых отрезков). Далее уже в этих точках строятся 4 конструкции, напоминающие букву «Н». Они уменьшены по сравнению с первоначальной конструкцией в некоторое заданное число раз (коэффициент масштабирования).

Построить Н-фрактал до 5 итерации включительно. Коэффициент масштабирования выбрать равным 0,46.

Провести эксперименты с различными коэффициентами масштабирования, как меньшими, так и большими 0,5. Объяснить полученные результаты.

Ввести случайную компоненту при построении каждого из отрезков. Величину случайной составляющей выбрать самостоятельно. Пронаблюдать результат.

Ввести случайную компоненту при выборе коэффициента масштабирования для каждой Н-конструкции. Величину случайной составляющей выбрать самостоятельно. Пронаблюдать результат.

Практическое занятие №2. Построение «ковра» Серпинского с модификациями (9 час.)

Используется методика, известная под названием «игра в хаос». Вначале выбирается некоторая случайная точка, также можно задать ее самостоятельно.

Для удобства можно задать ее положение внутри равностороннего треугольника. Случайным образом выбирается одна из трех вершин треугольника (с равной вероятностью). Новая точка строится на середине отрезка, соединяющего первоначальную точку и выбранную вершину. На следующем шаге уже только что полученная точка мысленно соединится отрезком с вновь случайно выбранной вершиной, и на середине этого отрезка строится очередная точка. Данный процесс итеративно повторяется. Предельное множество, получаемое при бесконечном повторении описанного процесса, является «ковром» Серпинского.

Пользуясь данной процедурой, построить «ковер» Серпинского. Число точек вначале выбрать равным 1000, потом 10000, далее 50000.

Построить фрактал, но вместо равностороннего треугольника использовать произвольный треугольник неправильной формы. Пронаблюдать результат.

Модифицировать процедуру построения, сделав выбор вершин неравновероятным. Пронаблюдать полученный результат.

Модифицировать процедуру, изменив коэффициент деления. Вместо середины отрезка (т.е. 0,5) можно взять другие значения, как большие, так и меньшие 0,5. Пронаблюдать полученный результат.

Модифицировать процедуру, взяв вместо правильного треугольника правильный или неправильный выпуклый n -угольник (n выбирается самостоятельно). Пронаблюдать полученный результат. Сделать выводы.

Практическое занятие №3. Анализ случайных сигналов. Сравнение белого и коричневого шумов (9 час.)

Истинным шумом является только белый шум, отсчеты которого абсолютно независимы. Он обладает также свойством дельта-коррелированности и равномерным спектром.

Создать массив отсчетов сигнала, представляющего белый шум (не обязательно гауссовский). Построить гистограмму значений белого шума.

Получить коричневый шум, проинтегрировав белый шум. В дискретной версии вычисление коричневого шума сводится к суммированию всех отсчетов белого шума вплоть до текущего момента.

Вычислить спектры шумов при помощи быстрого преобразования Фурье. Вывести спектры белого и коричневого шумов на одном графике сначала в линейных, а затем в логарифмических осях. Определить скорость спада амплитудного спектра коричневого шума в децибелах на декаду.

Практическое занятие №4. Анализ случайных сигналов. Получение различных «цветных» шумов (9 час.)

Создать массив отсчетов сигнала, представляющего белый шум (не обязательно гауссовский).

Продифференцировать белый шум, в результате получится т.н. фиолетовый шум. К какой операции сводится дифференцирование при рассмотрении дискретных сигналов? Вывести временные реализации шумов на одном графике.

Создать временную реализацию розового шума (это т.н. фликкер-шум, шум мерцания) следующим образом. В спектральной области создать амплитудный спектр, компоненты которого убывают обратно пропорционально корню квадратному из частоты (это равнозначно тому, что спектр мощности спадает как $1/f$). Фазовые компоненты задать случайными в интервале от -180 до $+180$ градусов. При помощи обратного дискретного преобразования Фурье перевести спектр во временную область.

Продифференцировать розовый шум.

Проинтегрировать белый шум дважды. Получится сильно «черный» шум.

Вычислить спектры всех шумов при помощи быстрого преобразования Фурье. Вывести спектры для всех шумов на одном графике сначала в линейных, а затем в логарифмических осях. Какова скорость изменения амплитудного спектра каждого из шумов, если ее выразить в децибелах на декаду?

Перед каждой лабораторной работой или практическим занятием обучающемуся необходимо изучить соответствующий теоретический материал, повторить лекции, при необходимости обратиться к списку основной и дополнительной литературы. Это необходимо для того, чтобы приблизительно представлять специфику исследуемых математических объектов, последовательность проведения различных операций, понимать, в чем заключается суть каждого пункта и цель занятия в целом.

V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
	Тема 1	ПК-1.1 выбирает теоретическое и экспериментальные методы исследования изделий микро- и наноэлектроники	Знает способы обоснованного выбора методик экспериментальных исследований; способы выбора средства измерения для решения конкретной измерительной задачи; практические методики исследования параметров полупроводниковых материалов и приборов; методы обработки результатов измерений	УО-4 дискуссия	вопросы к экзамену 1-5; УО-1 собеседование
			Умеет выбирать методики и средства измерений для экспериментальных исследований параметров узлов электронной техники; проводить измерения различных параметров при контроле производственных процессов; самостоятельно изучать и понимать; специальную научную и методическую литературу, связанную с планированием эксперимента и отдельных его этапов при производстве изделий электронной техники	ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 1-5; УО-1 собеседование
			Владет навыками составления экспериментальных методик исследований; навыками выбора методики и средств измерений для экспериментальных исследований параметров материалов и приборов при производстве электронной техники; практическими способами контроля заданных параметров при решении измерительных задач в производстве электронной техники, в зависимости от типа исследуемого материала или прибора	ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 1-5; УО-1 собеседование

	Тема 2		<p>Знает перспективные направления электроники и нанoeлектроники, в которых используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; современные способы решения научных и инновационных задач, возникающих в конкретной предметной области электроники и нанoeлектроники</p>	УО-4 дискуссия	<p>вопросы к экзамену 6-10; УО-1 собеседование</p>
		ПК-1.2 анализирует тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, смежных областей науки и техники	<p>Умеет определять перспективные направления электроники и нанoeлектроники, в которых используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; использовать современные способы решения научных и инновационных задач электроники и нанoeлектроники для достижения конкретного результата</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 6-10; УО-1 собеседование</p>
			<p>Владеет способами и навыками, позволяющими определять перспективные направления электроники и нанoeлектроники, в которых активно используются или могут использоваться электронные измерения на современном оборудовании; методиками достижения конкретного результата на основе использования современных способов решения научных и инновационных задач электроники и нанoeлектроники</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 6-10; УО-1 собеседование</p>
	Тема 3	ПК-1.3 ставит цели и задачи научного исследования в соответствии с областью знаний	<p>Знает способы планирования, постановки целей и задач, а также определения основных этапов научного исследования; знает способы обоснованного выбора современных методик научных исследований; способы выбора средства измерения для решения конкретной измерительной задачи</p>	УО-4 дискуссия	<p>вопросы к экзамену 11-16; УО-1 собеседование</p>

			<p>Умеет планировать научное исследование, ставить цели и задачи, а также выделять основные этапы; знает способы выбора методики и средства измерений для проведения научных исследований; умеет проводить измерения различных параметров; умеет изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с планированием научных исследований</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 11-16; УО-1 собеседование</p>
			<p>Владеет навыками постановки целей, задач и составления методик научных исследований; навыками выбора методики и средств измерений для научных исследований различной направленности; владеет практическими навыками контроля заданных параметров при решении измерительных задач с учетом специфики микро- и нанoeлектроники</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 11-16; УО-1 собеседование</p>
	Тема 4	<p>ПК-6.1 демонстрирует знание методов исследования поверхности низкоразмерных структур, основных типов и параметров лабораторных установок для экспериментальных исследований</p>	<p>Знает способы выбора методик экспериментальных исследований; устройство полупроводниковых приборов различного назначения; разновидности устройств электроники и нанoeлектроники; практические методики исследования параметров полупроводниковых материалов и приборов; современное состояние достижений, проблем и путей их решения в физике полупроводников</p>	<p>УО-4 дискуссия</p>	<p>вопросы к экзамену 17-21; УО-1 собеседование</p>
			<p>Умеет анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели различных явлений в полупроводниках и соответствующих полупроводниковых приборов; самостоятельно изучать и понимать; специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами современной физики</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 17-21; УО-1 собеседование</p>

			<p>полупроводников и низкоразмерных систем; умеет выбирать типы и характеристики лабораторных установок для проведения экспериментальных исследований в соответствующей предметной области</p> <p>Владеет способами описания различных механизмов проводимости и явлений в полупроводниках; навыками составления экспериментальных методик исследований и способами описания физико-математических моделей полупроводниковых приборов, явлений в полупроводниках и их характеристик на основе физических законов; методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников для определения необходимых характеристик приборов, систем, установок различного назначения</p>		
				<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 17-21; УО-1 собеседование</p>
	Тема 5	<p>ПК-6.2 осуществляет моделирование и практическое определение структуры и свойств материалов</p>	<p>Знает основные физические законы, а также положения теории фракталов и динамического хаоса, пригодные для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; знает способы составления математических моделей и вычислительного моделирования для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и наноэлектроники; знает способы практического определения структуры и свойств материалов и устройств микро- и наноэлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств</p>	<p>УО-4 дискуссия</p>	<p>вопросы к экзамену 22-27; УО-1 собеседование</p>

			измерения		
			<p>Умеет определять физические законы, а также положения теории фракталов и динамического хаоса, пригодные для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и нанoeлектроники; умеет составлять математические модели и проводить вычислительное моделирование для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и нанoeлектроники; умеет определять структуру и свойства материалов и устройств микро- и нанoeлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств измерения</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 22-27; УО-1 собеседование</p>
			<p>Владеет навыками определения физических законов и их следствий, а также положений теории фракталов и динамического хаоса, пригодных для построения теоретических моделей различных явлений и эффектов, возникающих в материалах и устройствах микро- и нанoeлектроники; владеет различными способами выбора/составления математических моделей и вычислительного моделирования для количественной оценки процессов, протекающих в материалах и устройствах микро- и нанoeлектроники; владеет навыками практического определения структуры и свойств материалов и устройств микро- и нанoeлектроники с применением современных методов исследования и автоматизированных средств</p>	<p>ПР-6 лабораторная работа</p>	<p>вопросы к экзамену 22-27; УО-1 собеседование</p>

			измерения		
	Темы 6-7		Знает основные идеи и методы теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов; знает основные методы вычислительной физики и математического моделирования различных явлений, процессов, объектов, в том числе в области нанoeлектроники, структур пониженной размерности	УО-4 дискуссия	вопросы к экзамену 28-32; УО-1 собеседование
		ПК-6.3 применяет методы математического описания физических процессов, протекающих в низкоразмерных структурах	Умеет использовать основные идеи и методы теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов; умеет анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели различных явлений, процессов, объектов; умеет самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с вопросами вычислительного моделирования	ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 28-32; УО-1 собеседование
			Владеет методологией теории фракталов и теории динамического хаоса для описания физических процессов, в том числе в низкоразмерных структурах; владеет навыками составления алгоритмов для решения физико-математических задач, для моделирования различных явлений, процессов, объектов на основе физических законов; владеет навыками применения полученных знаний и результатов моделирования для решения конкретных практических задач в выбранной предметной области	ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 28-32; УО-1 собеседование

VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами;
- Самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;
- поиск информации по теме последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- выполнение тестовых заданий, решение задач;
- составление кроссвордов, схем;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- заполнение рабочей тетради;
- написание эссе, курсовой работы;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- составление резюме;
- подготовка к зачетам и экзаменам;

Организация самостоятельной работы.

После изучения плана-графика выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ. Ответность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Необходимо обратить

внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Важно своевременно изучать соответствующие разделы дисциплины и вовремя выполнять самостоятельные задания.

Рекомендации по изучению дисциплины. Работа с источниками.

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярное повторение теоретического материала и своевременное закрепление его на практических занятиях и лабораторных работах. Именно всестороннее изучение предмета или явления как с теоретической, так и с практической точек зрения обеспечивает формирование общей картины на ассоциативном уровне, которая будет дольше сохраняться в памяти.

Можно выделить, по крайней мере, два уровня освоения дисциплины и овладения соответствующими навыками. Первый (базовый) уровень можно соотнести с чисто механическим запоминанием информации, заучиванием некоторых формул с тем, чтобы впоследствии это обеспечило положительную оценку. Данный уровень характеризуется фрагментарным, но при этом достаточно полным знанием лекционного материала, а также умением решать простые типовые задачи из ряда тех, которые решались на практических занятиях.

Второй (более глубокий) уровень достигим, когда появляется интерес к предмету, заинтересованность в дальнейшем совершенствовании в данной области, желание получать дополнительные знания. В данном случае после усвоения лекционного материала в полном объеме можно обратиться к базовой литературе по дисциплине. Желательно использовать несколько источников одновременно, т.к. разные авторы могут заострять внимание на различных аспектах рассматриваемого явления. Чтение нескольких учебников способствует формированию более полной, разносторонней, «многомерной» картины, усвоению различных тонкостей. При этом теоретические знания просто необходимо переносить на практику, иначе они так и останутся теорией. В ряде случаев это может означать привлечение дополнительных источников информации. Например, можно отметить, что существует масса различных видеоуроков по различным дисциплинам, наукам на портале YouTube, десятки специализированных форумов, на которых специалисты обмениваются знаниями. Из них можно почерпнуть то недостающее звено, которое обеспечит переход от теории к практике. При достижении достаточно высокого уровня понимания предмета в целом, некоторую специализированную информацию можно почерпнуть из периодических изданий (научных и научно-популярных журналов).

Подготовка к экзамену/зачету.

В первом приближении для подготовки к экзамену/зачету по дисциплине можно пользоваться следующей схемой: в разделе вопросов для промежуточной аттестации выбирается ряд вопросов (рекомендуемое количество – 1-5 вопросов по сходной тематике), затем в разделе основной литературы выбираются 2-3

источника, в которых производится поиск требуемых материалов, затем по ним происходит подготовка. Далее выбирается следующая группа вопросов и вышеописанные действия повторяются. Таким образом можно подготовиться ко всем вопросам промежуточной аттестации.

Не рекомендуется пользоваться лишь одним учебником для подготовки, поскольку различные авторы преподносят один и тот же материал по-разному. В результате студент получает возможность сформировать более целостную картину рассматриваемого объекта, явления, процесса. Поэтому рекомендуемое число различных учебников начинается от 2-3. При желании получить более глубокие и разносторонние знания можно пользоваться и большим числом источников, а также источниками, указанными в дополнительном списке. Дополнительными источниками также необходимо пользоваться в тех случаях, когда не удается найти искомые материалы в списке основной литературы. Кроме того, в таких случаях рекомендуется обратиться к преподавателю по указанному адресу электронной почты за консультацией.

Кроме теоретической подготовки, рекомендуется также прорешать типовые расчетные задания по всем разделам курса, если таковые предусмотрены программой. Если по дисциплине в списке основной литературы указан задачник, то его также в обязательном порядке необходимо использовать при подготовке.

Как уже указывалось, подготовка должна проводиться по укрупненным группам вопросов, сгруппированных по темам. К следующей теме необходимо переходить только после того, как появляется твердая уверенность в том, что основные знания по изучаемой в данный момент теме закреплены на достаточном уровне и получены навыки практического решения соответствующих задач.

Для получения первичных знаний по изучаемой теме можно пользоваться любыми информационными материалами, находящимися в свободном доступе, например, материалами онлайн-энциклопедии Wikipedia, различными интернет-статьями и пр. Но при этом к полученным материалам всегда необходимо относиться осторожно и по возможности проверять приводимые в них формулы и количественные данные при помощи сопоставления с другими источниками. Далее полученные знания необходимо углублять при помощи литературы (рекомендуемое число различных учебников – 2-3). Так реализуется многоуровневый ступенчатый процесс самообучения, когда студент может сам решить, на каком уровне углубления в материал можно остановиться. Это решение может быть основано на личных предпочтениях, желаемой потенциальной оценке по дисциплине за промежуточную аттестацию, а также на области профессиональных, творческих интересов.

Одними из основных информационных материалов при подготовке ко всем разделам дисциплины могут стать учебники и/или учебные пособия, а также методические указания по дисциплине (при их наличии), подготовленные ведущим преподавателем.

VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Махоркин А.В. Математика фракталов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Махоркин А.В., Махоркин В.В. – Электрон. текстовые данные. – Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2013. – 156 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23794.html>. – ЭБС «IPRbooks».
2. Тренькин А.А. Введение в теорию фракталов. Математические аспекты и некоторые физические приложения [Электронный ресурс]: учебное издание / Тренькин А.А. – Электрон. текстовые данные. – Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2013. – 40 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60841.html>. – ЭБС «IPRbooks».
3. Нелинейность. От колебаний к хаосу [Электронный ресурс]: задачи и учебные программы / А.П. Кузнецов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2013. – 188 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16576.html>. – ЭБС «IPRbooks».
4. Кузнецов С.П. Динамический хаос. – М.: Физматлит, 2011. – 356 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:15812&theme=FEFU>
5. Потапов А.А., Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Пахомов А.А., Герман В.А. Новейшие методы обработки изображений / Под ред. А.А. Потапова. – М.: Физматлит, 2013. – 496 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2703
6. Практикумы по дисциплине Сжатие сигналов с применением теории фракталов [Электронный ресурс] / – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский технический университет связи и информатики, 2014. – 36 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61542.html>. – ЭБС «IPRbooks».
7. Поршнева С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 726 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:307438&theme=FEFU>
8. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс]/ Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 768 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=63590
9. Плещинская И.Е. Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad [Электронный ресурс]: учебное пособие/ [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014.— 195 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=62173

Дополнительная литература

1. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. – 128 с.
<http://www.iprbookshop.ru/17672>
2. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Либроком, 2013. – 136 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:48864&theme=FEFU>
3. Стратонович Р.Л. Случайные процессы в динамических системах. М.–Ижевск: РХД, 2014. – 592 с. <http://www.iprbookshop.ru/17654>
4. Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны. – М.: Либроком, 2013. – 395 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:22224&theme=FEFU>
5. Шелухин О.И., Осин А.В., Смольский С.М. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. М.: Физматлит, 2013. – 368 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2307
6. Тупик Н.В. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Тупик. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2013. — 230 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=13016
7. Складорова Е.А. Компьютерное моделирование физических явлений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Складорова, В.М. Малютин. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2013. — 152 с. — 978-5-4387-0119-4. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=34668
8. Основы компьютерного моделирование [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / . — Электрон. текстовые данные. — Алматы: Нур-Принт, 2015. — 175 с. — 9965-756-09-0. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=67115
9. Щетинин Ю.И. Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щетинин Ю.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 115 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/5748&book_id=44896

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.cyberforum.ru/mathematical-soft/>
2. <http://matlab.exponenta.ru/>
3. <https://www.mathworks.com/help/matlab/>
4. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/answers/>

5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства (www.fepo.ru)
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. www.biblioclub.ru – Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
10. www.iqlib.ru – Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
11. www.affp.mics.msu.su
12. Научная библиотека ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/>
13. «eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
14. «ИНТУИТ» Национальный открытый университет <http://www.intuit.ru/studies/courses/3688/930/lecture/16466>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Для оформления отчетов используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (ОС Windows, пакет программного обеспечения Microsoft Office: Word, Outlook, Power Point, Excel).
2. Для практических занятий и лабораторных работ может использоваться программный продукт MATLAB версии не старше R2007b (MathCAD версии не старше 13.1) или их любые свободно распространяемые аналоги (например, SMath Studio или SciLab).

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>

Перечень информационных технологий

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
--	-----------------------------------

<p>Компьютерный класс ауд. L444 (L439) Количество мест – 25</p>	<p>Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); SciLab – пакет для математического моделирования общего назначения (свободно распространяемый аналог пакета MATLAB); включает множество различных библиотек и функций для решения научных и прикладных задач</p>
<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А – уровень 10)</p>	<p>Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.</p>

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных и творческих работ.

Освоение дисциплины «Элементы теории фракталов в физике» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

В процессе обучения студент должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы обычно составляет по времени до 25-30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которыми каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины или на кафедре.

Главное в период обучения своей специальности – это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на следующий день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием как успешной учебы, так и последующей работы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Конспектирование лекционного материала должно производиться кратко, схематично, последовательно. Фиксируются основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечаются важные мысли, выделяются ключевые слова, термины. Термины, понятия проверяются с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Необходимо обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Только если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.

Материал лекций необходимо закреплять самостоятельно. В первую очередь, на следующий день необходимо еще раз проработать материал лекции. Практика показывает, что если не сделать этого в течение двух-трех дней, то большая часть материала забудется. В дальнейшем процесс забывания идет по экспоненте. При изучении материала обязательно использование учебников и других материалов по дисциплине. Необходимо найти контрольные вопросы по соответствующей теме, ответить на них. В случае если по теме есть задачи, то их необходимо решить и сверить с правильными вариантами ответов (при наличии). В случае затруднений необходимо проконсультироваться у преподавателя.

Во всех различных ситуациях, приводящих к ошибочным действиям, некорректным выводам и/или ответам необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков, а следовательно, успешной учебы и работы.

Примерное распределение времени самостоятельной работы, которое студент должен отводить на тот или иной вид занятий: закрепление лекционного материала – 15%, подготовка к практическим занятиям – 30%, подготовка к лабораторным работам – 30%, подготовка к зачету/экзамену – 25%. Тем не менее, учитывая особенности каждого студента и конкретного курса, указанные часы могут варьироваться.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия предназначены для получения студентами базовых знаний по какому-либо разделу дисциплины. Это фундамент, необходимый для последующей успешной самостоятельной работы студентов и дальнейшего изучения ими учебного материала.

Практические занятия призваны дополнить лекционный курс в части получения студентами практических навыков. Благодаря данному виду занятий теоретический материал связывается с решением типовых примеров, задач, выполнением некоторых заданий и усваивается более полно.

Самостоятельная работа занимает особое место для профессиональной подготовки студентов. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу, анализируют его, выполняют различные задания, учатся самостоятельно мыслить и находить решения проблем. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, приведенными в списке литературы, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Дисциплину рекомендуется изучать по плану занятий и самостоятельной работы. Обучающийся должен своевременно выполнять текущие задания и представлять/защищать их во время занятий или на консультации.

При подготовке к лекционным занятиям обучающийся изучает план лекционного материала, рекомендованную и дополнительную литературу.

Для подготовки к практическим занятиям требуется изучение лекционного материала, уверенное знание ответов на контрольные вопросы для закрепления материала.

К зачету/экзамену обучающийся должен отчитаться по всем практическим занятиям и по всем лабораторным работам, если таковые предусмотрены программой курса. Темы, рассмотренные на лекционных занятиях, но не отраженные в практических занятиях/лабораторных работах, закрепляются обучающимся во время самостоятельной работы.

При подготовке к зачету необходимо повторить учебный материал, используя конспект лекций, основную и дополнительную литературу, при необходимости посетить консультации. Зачет может быть принят в форме ответов на вопросы, в форме теста (который составляется на основе изученного материала), а также может засчитываться по результатам рейтинга.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением. Перечень

материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Корпус L, ауд. L444 (L439) Компьютерный класс	(посадочных мест – 25) Шкаф для хранения реактивов с 4 выдвижными ящиками ЛАБ-PRO ШР4Я 50.50.195, шкаф вытяжной, рабочая поверхность – керамогранит (в комплекте) ЛАБ-PRO ШВ 180.8, парты и стулья; место преподавателя (стол, стул); доска двухсторонняя (для использования маркеров и мела)	
Помещения для самостоятельной работы:		
библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Toraz 24” XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой.	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.