



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фракталов

Кафедра прикладной математики

Образовательная программа

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профили подготовки

математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: *Часть, формируемая участниками образовательных отношений*

Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриата по направлению подготовки 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриат) от «10» января 2018г. № 9 (ред. изм. от 26.11.2020, №1456)

Разработчик: кафедра прикладной математики
Аливердиев А.А., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры прикладной математики от «22» июня 2021г.,
протокол №10.

Зав. кафедрой



Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и
компьютерных наук от «23» июня 2021г., протокол № 6

Председатель



Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением

« 09 » 07 2021 г. _____

Начальник УМУ _____



А.Г. Гасангаджиева

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Теория фракталов» входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика».

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с развитием теории фракталов и дополняют курс по методом теории множеств и базовые дисциплины курса теоретической физики.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

профессиональных – УК-1; ОПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельную работу*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		из них							
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
6	108	16	26				66	Экзамен	
Итого:	108	16	26				66		

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения курса «Теория фракталов» - владение студентами основными понятиями теории фракталов, фрактальной размерности и умение решать задачи математической теории фракталов и применять основы фрактального анализа при моделировании различных физических процессов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит в часть, формируемая участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика». Современная прикладная математика стремится к описанию физических процессов, используя такие фундаментальные методы исследования как термодинамический, статистический методы исследования. Дисциплина «Теория фракталов» изучается на третьем курсе в шестом семестре после изучения студентами необходимых для усвоения курса дисциплин: математический анализ, алгебра, информатика и дифференциальные уравнения.

Изученные в курсе теоретические понятия и практические навыки могут использовать при моделировании различных физических процессов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции ОПОП	и из	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
УК-1	способностью к	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее	Знает основные методы научно-исследовательской	Контрольные работы,

<p>критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p>	<p>базовые составляющие. УК-1.2. Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. УК-1.3 Четко описывает состав и структуру требуемых данных и информации, грамотно реализует процессы их сбора, обработки и интерпретации. УК-1.4. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.</p>	<p>деятельности. Умеет выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. Владеет навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.</p>	<p>лабораторные работы, экзамен</p>
<p>ОПК-3 способность применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1. Знает принципы построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.2. Умеет применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности ОПК-3.3. Имеет</p>	<p>Знает теоретические основы построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности; основные методы построения математических моделей. Умеет определять цель и задачи, а также объект и предмет научного исследования; основные методы построения математических моделей; модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности; совершенствовать имеющиеся модели при</p>	<p>Контрольные работы, лабораторные работы, экзамен</p>

	практический опыт составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности	решении различных задач; Владеет навыками построения математических моделей; навыками построения математических моделей для их совершенствования при решении задач в области профессиональной деятельности; навыками построения и модификации математических задач.	
--	--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. Раб.	Сам. раб	Подг. к экз.	Общ. тр	
Модуль 1. Конструктивные фракталы				8		12	16		36	
1	Фракталы и системы счисления.	3	1	2		2	4		8	Индивидуальный фронталь-

2	Свойства и классификация фракталов.	3	2	2		4	4		10	ный опрос, лабораторная работа.
3	Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Методы построения фракталов.	3	3-4	2		4	4		10	---
4	Фракталы и меандры. Спирали, деревья и звезды.	3	5-6	2		2	4		8	-----
Модуль 2. Введение во фрактальную динамику				8		14	14		36	
5	Сжатие изображений	3	7-8	2		4	4		10	---
6	Одномерные комплексные отображения	3	9-10	2		4	4		10	
7	Фракталы Жюлиа и Мандельброта	3	11-12	2		4	4		10	---
8	Элементы гиперкомплексной динамики	3	13	2		2	2		6	Контрольная работа
18	Модуль 3 Подготовка к экзамену							36		Экзамен
Итого по 6 семестру:				16		26	30	36	108	
ИТОГО:				16		26	30	36	108	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Конструктивные фракталы

Тема 1. Фракталы и системы счисления. Определение фракталов. Древоподобная структура и система счисления. Решето Серпинского. Фрактал Кантора.

Тема 2. Свойства и классификация фракталов. Физическое определение фракталов. Классификация фракталов и их свойства. Методы построения фракталов.

Тема 3. Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Методы построения фракталов. Геометрические фракталы. Снежинка Коха, треугольник Серпинского, драконова ломаная. Алгебраические фракталы. Множества Мандельброта и Жюлиа. Алгоритмы их построения. Стохастические фракталы. Фракталы в природе.

Тема 4. Фракталы и меандры. Эксперимент Ричардсона. Фрактальная размерность. Кривая Коха. Вариации на тему кривой Коха. Семейство драконов. Дерево Пифагора. Звезды. Свойства. Инвариантные преобразования. Поворот. Сжатие.

Модуль 2. Введение во фрактальную динамику

Тема 5. Сжатие изображений. Метод фрактального сжатия. Сравнение с другими методами. Квадродерево.

Тема 6. Одномерные комплексные отображения. Итерации комплексных функций. Множества Жюлиа и Фату. Одномерные комплексные рациональные эндоморфизмы.

Тема 7. Фракталы Жюлиа и Мандельброта. Фракталы Жюлиа. Фрактал Мандельброта. Фракталы Ньютона.

Тема 8. Элементы гиперкомплексной динамики. Гиперкомплексные числа и кватернионы. Отображение Жюлиа в 3-х мерном гиперпространстве.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

№ п./п.	Тема практического занятия	Количество часов
Модуль 1. Конструктивные фракталы		
ПЗ 1.	Системы счисления. [1] стр. 14-16	2
ПЗ 2.	Решето Серпинского. Фрактал Кантора. [1] стр. 17-20.	2
ПЗ 3.	Арифметические свойства фрактала Кантора. [1] стр. 17-20.	2
ПЗ 4.	Методы построения геометрических фракталов. [1] стр. 31-34.	2
ПЗ 5.	Методы построения алгебраических фракталов. [1] стр. 35-38.	2
ПЗ 6.	Эксперимент Ричардсона. Степень изгибающей кривой. [1] стр. 22-25.	2
ПЗ 7.	Дерево Пифагора. Спиральное дерево Пифагора. [1] стр. 47-50.	2
Модуль 2. Введение во фрактальную динамику		
ПЗ 8.	Итерации комплексных функций. [1] стр. 83-84.	2
ПЗ 9.	Основы теории множеств Жюлиа. [1] стр. 84-94.	2
ПЗ 10.	Одномерные комплексные рациональные эндоморфизмы. [1] стр. 95-100.	2
ПЗ 11.	Фрактал Жюлиа. [1] стр. 100-106.	2
ПЗ 12.	Фрактал Мандельброта. [1] стр. 106-108.	2
ПЗ 13.	Фрактал Мандельброта на экране компьютера. [1] стр. 108-109.	2
ПЗ 14.	Бассейны Ньютона.	2
ПЗ 15.	Гиперкомплексные числа и кватернионы. [1] стр. 112-113.	2
ПЗ 16.	Отображение Жюлиа в 3-х мерном гиперпространстве. [1] стр. 113-115.	2

5. Образовательные технологии

В курсе по направлению подготовки специалистов широко используются в учебном процессе компьютерные программы, различные методики сочетания с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В соответствии с требованиями ФГОС предусматривается использование при проведении занятий по теории фракталов следующих активных методов обучения:

- выполнение домашних заданий с элементами исследования;
- отчетные занятия по разделам.

Занятия лекционного типа (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция консультация, проблемная лекция) составляет 22% аудиторных занятий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Студенты в процессе обучения обеспечены методическими и учебными пособиями, компьютерными программами.

Формы и виды самостоятельной работы студентов по дисциплине устанавливаются следующие:

- самостоятельное изучение дополнительных тем с последующим разбором на лабораторных занятиях;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к промежуточному контролю;
- написание рефератов и подготовка к их защите;
- подготовка к зачету.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Основы фрактальной геометрии.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.
Приложения теории фракталов	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.
Геометрические фракталы. Снежинка Коха, треугольник Серпинского, драконова ломаная. Алгебраические фракталы. Множества Мандельброта и Жюлиа. Алгоритмы их построения. Стохастические фракталы. Фракталы в природе.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра. При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания

7.2.1. Вопросы по текущему контролю.

Модуль 1. Конструктивные фракталы

1. Понятие о фракталах, фрактальная геометрия.
2. Определение фрактальной размерности, размерности Хаусдорфа, Минковского. Вычисление размерности различных фракталов.
3. Математическое определение фракталов.

4. Физическое определение фракталов. Эрлангенская программа.
5. Свойства и классификация фракталов.
6. Геометрические фракталы. Методы построения.
7. Системы итерируемых функций.
8. Алгебраические фракталы.
9. Множества Мандельброта и Жюлиа.
10. Стохастические фракталы. Алгоритм построения.
11. Фракталы в природе.

Модуль 2. Введение во фрактальную динамику

1. Итерации комплексных функций.
2. Множество Жюлиа и Фату.
3. Фракталы Жюлиа и Мандельброта.
4. Фрактал Ньютона.
5. Гиперкомплексные числа и кватернионы.
6. Отображение Жюлиа в 3-х мерном гиперпространстве.

7.2.2. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу

1. Кто придумал термин «фрактал»?
 - 1) Хаусдорф
 - 2) Мандельброт
 - 3) Жюлиа
 - 4) Минковский.

2. Чему равна размерность Хаусдорфа снежинки Коха?
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)

3. Чему равна размерность Хаусдорфа треугольника Серпинского?

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Тренькин А.А. Введение в теорию фракталов. Математические аспекты и некоторые физические приложения [Электронный ресурс] : учебное издание / А.А. Тренькин. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2007. — 40 с. — 978-5-9515-0088-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60841.html>
2. Практикумы по дисциплине Сжатие сигналов с применением теории фракталов [Электронный ресурс] / . — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский технический университет связи и информатики, 2014. — 36 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61542.html>

б) дополнительная литература:

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. -М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984.
2. Пригожий И., Стенгерс И. время, хаос, квант. М.: Мир, 1994..

3. Берлянт А.М., Меусин О.Р., Собчук Т.В. Картографическая генерализация и теория фракталов. - М.: МГУ, Ин-т геоэкологии РАН, 1998.
4. Берлянт А.М., Полевцев В.В. В.И. Вернадский и проблемы геодезии и картографии // Геодезия и картография. - 1988.- №5. -С. 49-53.
5. Блохинцев И.Д. Пространство и время в микромире. - М.: Наука, Глав. ред. физ.-мат. лит. - 1971.
6. Васютинский Н. Золотая пропорция. - М.: Молодая гвардия, 1990.
7. Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. - 2-е изд. - М.: Наука, 1988а.
8. Вигнер Е. Этюды о симметрии. - М.: Мир, 1971.
9. Виллемс Я.К. От временного ряда к линейной системе. Теория систем. Математические методы и моделирование // Сб. статей. - М.: Мир, 1989. - С. 8 -191.
10. 10.Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики. - М.: Физ.-мат. литература, 2000.
11. Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х. Красота фракталов. Образы комп. динамических систем. М.: Мир, 1993.
12. Шустер Г. Детерминированный хаос. М.: Мир, 1988.
13. Воронин Ю.А., Черемисина Е.Н. О теории распознавания. Труды международной конференции "Математические методы в геофизике". Ч. II. - Новосибирск: Изд. ИВМиМГ СО РАН, 2003. - С. 635 - 640.
14. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов.- М.: Современная математика, 210.- 163 с.
15. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Техносфера, 2006.
16. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: «Институт компьютерных исследований». 2002.

17. М. Г. Иванов Размер и размерность. Потенциал, август 2006.
18. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 7. - М.: ООО "Бином-Пресс", 2005.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. <http://delphisity.narod.ru/stat1/stat2.html>
2. <http://www.photoline.ru/cgi-bin/cr1/photo.pl?ind=1081416586>
3. <http://www.enchgallery.com/fractals/fracthumbs.htm>
4. <http://i029.radikal.ru/0802/74/bc91570f21b7.jpg>
5. Электронные образовательные ресурсы образовательного сервера ДГУ elib.dgu.ru

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по квантовой физике;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;

- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера;

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: одна из версий среды программирования Delphi. При желании студенты могут воспользоваться также другими языками программирования и соответствующими средами: Python, C, C++ и др.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и групповых и индивидуальных консультаций. Кабинет для текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Все лекционные аудитории укомплектованы мультимедийными и техническими средствами обучения. В каждой аудитории 35 рабочих мест. Лабораторные занятия проводятся по подгруппам в компьютерных классах. Компьютерные классы оснащены необходимым числом компьютеров и мультимедийным оборудованием. На компьютерах установлено необходимое программное обеспечение.

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает

одновременный доступ обучающихся, включая удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.