



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фракталов

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

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: вариативная по выбору

Рабочая программа дисциплины составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриат) от «12» марта 2015г. № 228

Разработчик: кафедра общей и теоретической физики
Аливердиев А.А., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры общей и теоретической физики от «25» июня 2018г., протокол №1а.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «29» июня 2018г., протокол №11

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 2» июля 2018г. .

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Теория фракталов» входит в вариативную часть 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 – ПК-1; ПК-2.

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 2 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					КСР			консультации
		Всего	из них			КСР				
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
6	72	48	16	-	32	-	-	24	Зачет	

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 вариативную по выбору часть 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 компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ПК-1	способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	
ПК-2	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторны	Контроль самостоят. раб		
Модуль 1. Конструктивные фракталы									
1.	Фракталы и системы счисления.	6		2	4			2	Устный опрос
2.	Свойства и классификация фракталов.	6		2	2			2	Письменный опрос
3.	Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Методы построения фракталов.	6		2	4			2	Письменный опрос
4.	Фракталы и меандры.	6		2	2			3	Устный опрос
5.	Спирали, деревья и звезды.	6		2	2			3	Устный опрос
<i>Итого по модулю 1</i>				10	14			12	коллоквиум
Модуль 2. Введение во фрактальную динамику									
1.	Одномерные комплексные отображения	6		2	6			4	опрос
2.	Фракталы Жюлиа и Мандельброта	6		2	6			4	опрос
3.	Элементы гиперкомплексной	6		2	6			4	опрос

	динамики							
	<i>Итого по модулю 2</i>	6	18			12	зачет	
	ИТОГО	16	32			24		

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.

Тема 5. Спирали, деревья и звезды. Дерево Пифагора. Звезды. Свойства. Инвариантные преобразования. Поворот. Сжатие.

Модуль 2. Введение во фрактальную динамику

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 изгиба 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.	Гиперкомплексные числа и кватернионы. [1] стр. 112-113.	2
ПЗ 15.	Отображение Жюлиа в 3-х мерном гиперпространстве. [1] стр. 113-115.	2
ПЗ 16.	Конструирование Г-инвариантных функций. [1] стр. 128-130.	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. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-1			Устный и письменный опрос Лабораторная работа.
ПК-2			Устный и письменный опрос

7.2. 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?
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4) 2

4. Чему равна размерность Хаусдорфа Канторова множества?
 - 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4) 2

5. Какие фракталы описывают природные объекты?

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1) Геометрические | 2) Физические |
| 3) Стохастические | 4) Алгебраические |

6. Какой из перечисленных фракталов является геометрическим?

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1) фрактал Мандельброта | 2) Кривая Гильберта. |
| 3) фрактал Жюлиа | 4) фрактал Ньютона. |

7. Какой из перечисленных фракталов является алгебраическим?

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1) Снежинка Коха | 2) Кривая Гильберта. |
| 3) Ковер Серпинского | 4) фрактал Ньютона. |

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- 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 кар-тографии // 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.

10. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке(доступ будет продлен)
11. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
12. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
13. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
14. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
15. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое

- окно доступа к образовательным ресурсам).
16. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
 17. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
 18. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
 19. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
 20. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
 21. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
 22. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

23. 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;

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

1. <http://delphisity.narod.ru/stat1/stat2.html>
2. <http://www.photoline.ru/cgi-bin/cr1/photo.pl?ind=1081416586>
3. <http://fractal.boom.ru/>
4. <http://math.child.ru/otdohni/museum/fractals.html>
5. <http://www.enchgallery.com/fractals/fracthumbs.htm>
6. <http://i029.radikal.ru/0802/74/bc91570f21b7.jpg>

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

- Аудиторный класс.
- Компьютерный класс.
- Ноутбук, мультимедиа проектор для презентаций, экран.