



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория фракталов

Кафедра теоретической и математической 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

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриат) от «12» марта 2015г. № 228

Разработчики:

Мейланов Руслан Перметович, д.ф.-м.н., профессор, кафедра теоретической и математической физики

Аливердиев А.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической и математической физики

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры теоретической и математической физики от «29» марта 2017г., протокол № 7.

Зав. кафедрой


(подпись)

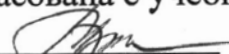
Мусаев Г.М.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г., протокол № 8.

Председатель


(подпись)

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «3» апреля 2017г. 
(подпись) Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Аннотация рабочей программы дисциплины..... | 4 |
| 1. Цели освоения дисциплины..... | 5 |
| 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата | 5 |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения). | 5 |
| 4. Объем, структура и содержание дисциплины..... | 6 |
| 4.1. Объем дисциплины..... | 6 |
| 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). | 7 |
| 5. Образовательные технологии..... | 8 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов..... | 9 |
| 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины..... | 10 |
| 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы..... | 10 |
| 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания..... | 11 |
| 7.3. Типовые контрольные задания..... | 14 |
| 7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций. | 16 |
| 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. | 16 |
| 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины..... | 17 |
| 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины..... | 18 |
| 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем..... | 18 |
| 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 18 |

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 теоретической и математической 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-4; ПК-13.

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, дифференцирован ный зачет, экзамен |
|---------|--|----------------------|----------------------|-----|--------------|---|-----------------------------------|--|
| | в том числе | | | | | | | |
| | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | |
| | Всего | из них | | | | | | |
| Лекции | | Лабораторные занятия | Практические занятия | КСР | консультации | | | |
| 6 | 72 | 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 ООП 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).

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) |
|-------------|---|--|
| ПК-1 | способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям. | <u>Знать</u> : фундаментальные основы основных разделов общей физики и математики. <u>Уметь</u> ; применить методы фрактального анализа при моделировании различных физических процессов. <u>Владеть</u> : методами комплексного подхода при исследовании систем с фрактальной структурой. |
| ПК-4 | способностью работать в составе научно-исследовательского и производственного | <u>Знать</u> : принципы организации и планирования исследовательской работы в творческих коллективах. <u>Уметь</u> ; создавать творческую атмосферу |

| | | |
|-------|---|---|
| | коллектива и решать задачи профессиональной деятельности. | в коллективе; разрешить спорные вопросы. <u>Владеть</u> : навыками управленческой работы. |
| ПК-13 | способностью применять существующие и разрабатывать новые методы и средства обучения. | <u>Знать</u> : фундаментальные основы основных разделов общей физики, математики и теории фракталов. <u>Уметь</u> ; разрабатывать новые методы и средства обучения на основе фрактального анализа. <u>Владеть</u> : навыками разработки новых методов применения теории фракталов и средств на основе этих методов. |

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 | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|--|---------|--|--------|------------------|-------------------|--|
| | | | Трудоемкость | Лекции | Практич. занятия | Самостоят. работа | |
| Модуль 1. Конструктивные фракталы | | | | | | | |
| 1. | Фракталы и системы счисления. | 6 | 8 | 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. | | 8 | 2 | 4 | 2 | Письменный опрос |
| 4. | Фракталы и меандры. | | 7 | 2 | 2 | 3 | Устный опрос |
| 5. | Спирали, деревья и звезды. | | 7 | 2 | 2 | 3 | Устный опрос |
| Итого по модулю 1 | | | 36 | 10 | 14 | 12 | коллоквиум |
| Модуль 2. Введение во фрактальную динамику | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 6. | Одномерные комплексные отображения | 6 | 12 | 2 | 6 | 4 | Письменный опрос |
| 7. | Фракталы Жюлиа и Мандельброта | | 12 | 2 | 6 | 4 | Письменный опрос |
| 8. | Элементы гиперкомплексной динамики | | 12 | 2 | 6 | 4 | Письменный опрос |
| Итого по модулю 2 | | | 36 | 6 | 18 | 12 | зачет |
| | | | | | | | |
| ИТОГО | | | 72 | 16 | 32 | 24 | |

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

4.3.1. Темы лекционных занятий

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. Темы практических занятий

| № 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.

| Компетенция | Знания, умения, навыки | Процедура освоения |
|-------------|---|---|
| ПК-1 | <u>Знать</u> : фундаментальные основы основных разделов общей физики и математики. <u>Уметь</u> : применить методы фрактального анализа при моделировании различных физических процессов. <u>Владеть</u> : методами комплексного подхода при исследовании систем с фрактальной структурой. | Устный и письменный опрос Лабораторная работа. |
| ПК-4 | <u>Знать</u> : принципы организации и планирования исследовательской работы в творческих коллективах. <u>Уметь</u> : создавать творческую атмосферу в коллективе; разрешить спорные вопросы. <u>Владеть</u> : навыками управленческой работы. | Устный и письменный опрос |
| ПК-13 | <u>Знать</u> : фундаментальные основы основных разделов общей физики, математики и теории фракталов. <u>Уметь</u> : разрабатывать новые методы и средства обучения на основе фрактального анализа. <u>Владеть</u> : навыками разработки новых методов применения теории фракталов и средств на основе этих методов. | Устный и письменный опрос |

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Критерии оценок

В опросный лист рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры. Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

Критерии оценок следующие:

- **100 баллов**- студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов**- студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов**- в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов**- ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|--|---|---|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | <p><u>Знать</u>: фундаментальные основы основных разделов общей физики и математики.</p> <p><u>Уметь</u>; применить методы фрактального анализа при моделировании различных физических процессов.</p> <p><u>Владеть</u>: методами комплексного подхода при исследовании систем с фрактальной структурой.</p> | <p>Может использовать полученные ранее знания и навыки в новой области, но нуждается в дополнительном указании.</p> <p>Предъявляет частичный конспект лекций. Демонстрирует слабое умение самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения</p> | <p>Демонстрирует умение использовать полученные ранее знания и навыки в новой области.</p> <p>Предъявляет полный конспект лекций.</p> | <p>Перманентно использует полученные ранее знания и навыки в новой области.</p> <p>Предъявляет полный конспект лекций, в котором хорошо ориентируется.</p> <p>Может эффективно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения</p> |

ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|--|--|--|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | <p><u>Знать</u>: принципы организации и планирования исследовательской работы в творческих коллективах.</p> <p><u>Уметь</u>: создавать творческую атмосферу в коллективе; разрешить спорные вопросы.</p> <p><u>Владеть</u>: навыками управленческой работы.</p> | Имеет неполное представление об основах фрактального анализа. Путается в определениях. Допускает грубые ошибки при решении задач | Допускает неточности при изложении основных определений теории фракталов. Допускает ошибки при разработке алгоритмов | Демонстрирует ясное представление основных понятий теории фракталов. Может составить алгоритмы и решать поставленные задачи. |

ПК-13

Схема оценки уровня формирования компетенции «Способностью применять существующие и разрабатывать новые методы и средства обучения».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать) | Оценочная шкала | | |
|-----------|---|--|--|---|
| | | Удовлетворительно | Хорошо | Отлично |
| Пороговый | <p><u>Знать</u>: фундаментальные основы основных разделов общей физики, математики и теории фракталов.</p> <p><u>Уметь</u>: разрабатывать новые методы и средства обучения на основе фрактального анализа.</p> <p><u>Владеть</u>: навыками разработки новых методов применения теории фракталов и средств на основе этих методов.</p> | Допускает грубые при применении существующих методов фрактального анализа. Не способен разрабатывать новые методы и средства обучения. | Допускает небольшие неточности при применении существующих методов. Способны разрабатывать новые алгоритмы решения задач фрактального анализа. | Владеет навыками применения существующих методов и разработки новых методов и средств обучения. |

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. 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.

7.3.2. 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.

7.4. 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. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов.- М.: Современная математика, 210.- 163 с.
2. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Техносфера, 2006.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: «Институт компьютерных исследований». 2002.
4. М. Г. Иванов Размер и размерность. Потенциал, август 2006.
5. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 7. - М.: ООО "Бином-Пресс", 2005.

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.

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

1. <http://www.cnam.fr/fractals/>
2. <http://www.math.yale.edu/mandelbrot/>
3. 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.

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>

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

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