



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Факультет математики и компьютерных наук*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теория фракталов**

**Кафедра прикладной математики факультета математики и  
компьютерных наук**

**Образовательная программа бакалавриата  
01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) программы:  
**Математическое моделирование и вычислительная математика**

Форма обучения

**Очная**

Статус дисциплины: входит в часть, формируемая участниками образовательных  
отношений; дисциплина по выбору

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Теория фракталов» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 - «Прикладная математика и информатика» 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 «25» июня 2022г.,  
протокол №6.

Зав. кафедрой



Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и  
компьютерных наук от «24» марта 2022г., протокол № 4

Председатель



Ризаев М.К.

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением  
«31» марта 2022 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

## 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 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Семестр | Учебные занятия |  |                      |     |              |    | СРС,<br>в том<br>числе<br>экзамен | Форма<br>промежуточной<br>аттестации (зачет,<br>дифференцирован<br>ный зачет,<br>экзамен |
|---------|-----------------|--|----------------------|-----|--------------|----|-----------------------------------|--|
|         | в том числе     |  |                      |     |              |    |                                   |  |
|         | Всего           | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |     |              |    |                                   |  |
|         |                 | из них   |                      |     |              |    |                                   |  |
|         | Лекции          | Лабораторные занятия                           | Практические занятия | КСР | консультации |    |                                   |  |
| 6       | 72              | 14   | 24                   |     |              | 34 | Зачёт                             |  |
| Итого:  | 72              | 14   | 24                   |     |              | 34 |                                   |  |

## 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 |
|-------------------------------------|------|--|---------------------------------|--------------------|
|                                     |      |  |                                 |                    |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p><b>УК-1</b><br/>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</p> | <p><b>УК-1.1.</b> Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.</p> <p><b>УК-1.2.</b> Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.</p> <p><b>УК-1.3</b><br/>Имеет практический опыт работы с информационными</p> | <p><b>Знает:</b> структуру задач в области математики, теоретической механики и физики, а также базовые составляющие таких задач.</p> <p><b>Умеет:</b> анализировать Постановку данной математической задачи, необходимость и (или) достаточность информации для ее решения.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками сбора, отбора и обобщения научной информации в области математических дисциплин</p> <p>Знает: принципы математического моделирования разнородных явлений, систематизации научной информации в области математики и компьютерных наук.</p> <p>Умеет: системно подходить к решению задач на разнородные явления в области математики и компьютерных наук.</p> <p>Владеет: навыками систематизации разнородных явлений путем математических интерпретаций и оценок.</p> <p>Знает: современные методы сбора и анализа Научного материала с Использованием информационных технологий; основные</p> | <p>Контрольные работы, лабораторные работы, зачёт</p> |
|--|--|--|---|

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов.  | методы работы с ресурсами сети Интернет. Умеет: применять современные методы и средства автоматизированного анализа и систематизации научных данных; практически использовать научно-образовательные ресурсы Интернет в научных исследованиях и в деятельности педагога. Владеет: навыками использования информационных технологий в организации и проведении научного исследования; навыками использования современных баз данных; навыками применения мультимедийных технологий обработки и представления информации; навыками автоматизации подготовки документов в различных текстовых и графических редакторах. |  |
| <b>ОПК-3</b> Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности | <b>ОПК-3.1.</b> Знает принципы построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности<br><br><b>ОПК-3.2.</b> Умеет применять и | <b>Знает:</b> теоретические основы построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности.<br><b>Умеет:</b> определять цель и задачи, а также объект и предмет научного исследования;<br><b>Владеет:</b> навыками построения математических моделей.<br><br><b>Знает:</b> основные методы построения математических моделей.  | Контрольные работы, лабораторные работы, зачёт |

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | <p>модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК-3.3.</b> Имеет практический опыт составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности</p> | <p><b>Умеет:</b> модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.<br/><b>Владеет:</b> навыками построения математических моделей для их совершенствования при решении задач в области профессиональной деятельности.</p> <p><b>Знает:</b> основные методы построения математических моделей.<br/><b>Умеет:</b> совершенствовать имеющиеся модели при решении различных задач.<br/><b>Владеет:</b> навыками построения и модификации математических задач.</p> |  |
|--|---|--|--|

#### 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 | Семест | Часть | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и | Самост. оц. | Формы текущего контроля успеваемости |
|-------|-------------------|--------|-------|---|-------------|--------------------------------------|
|-------|-------------------|--------|-------|---|-------------|--------------------------------------|

|   |  |   | трудоемкость (в часах) |                      |              |                            |                  | (по неделям семестра)<br>Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|--|---|------------------------|----------------------|--------------|----------------------------|------------------|--|
|   |  |   | Лекции                 | Практические занятия | Лабораторные | Контроль самостоятел. раб. |                  |  |
| <b>Модуль 1. Конструктивные фракталы</b>          |  |   |                        |                      |              |                            |                  |  |
| 1.  | Фракталы и системы счисления.  | 6 | 2                      | 2                    |              | 4                          | Устный опрос     |  |
| 2.  | Свойства и классификация фракталов.  | 6 | 2                      | 4                    |              | 4                          | Устный опрос     |  |
| 3.  | Геометрические, алгебраические и стохастические фракталы. Методы построения фракталов. | 6 | 2                      | 4                    |              | 4                          | Устный опрос     |  |
| 4.  | Фракталы и меандры. Спирали, деревья и звезды.   | 6 | 2                      | 4                    |              | 2                          | Письменный опрос |  |
| <i>Итого по модулю 1</i>                          |  |   | 8                      | 14                   |              | 14                         | коллоквиум       |  |
| <b>Модуль 2. Введение во фрактальную динамику</b> |  |   |                        |                      |              |                            |                  |  |
| 1.  | Одномерные комплексные отображения   | 6 | 2                      | 2                    |              | 6                          | Устный опрос     |  |
| 2.  | Фракталы Жюлиа и Мандельброта  | 6 | 2                      | 4                    |              | 6                          | Устный опрос     |  |
| 3.  | Элементы гиперкомплексной динамики   | 6 | 2                      | 4                    |              | 8                          | Письменный опрос |  |
| <i>Итого по модулю 2</i>                          |  |   | 6                      | 10                   |              | 20                         | зачет            |  |
| <b>ИТОГО</b>                                      |  |   | <b>14</b>              | <b>24</b>            |              | <b>34</b>                  |                  |  |

#### 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. Спирали, деревья и звезды.** 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 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.**

| №<br>п./п.                               | Тема практического занятия                                  | Количество<br>часов |
|--|---|---------------------|
| <b>Модуль 1. Конструктивные фракталы</b> |   |                     |
| <b>ПЗ 1.</b>                             | Решето Серпинского.   | <b>2</b>            |
| <b>ПЗ 2.</b>                             | Треугольник Серпинского.                                    | <b>2</b>            |
| <b>ПЗ 3.</b>                             | Фрактал Кантора. [1] стр. 17-20.                            | <b>2</b>            |
| <b>ПЗ 4.</b>                             | Методы построения геометрических фракталов. [1] стр. 31-34. | <b>2</b>            |
| <b>ПЗ 5.</b>                             | Методы построения алгебраических фракталов. [1] стр. 35-38. | <b>2</b>            |

|   |  |          |
|---|--|----------|
| <b>ПЗ 6.</b>                                      | Кривая Коха. Снежинка Коха                                   | <b>2</b> |
| <b>ПЗ 7.</b>                                      | Дерево Пифагора. [1] стр. 47-50.                             | <b>2</b> |
| <b>Модуль 2. Введение во фрактальную динамику</b> |  |          |
| <b>ПЗ 8.</b>                                      | Основы теории множеств Жюлиа. [1] стр. 84-94.                | <b>2</b> |
| <b>ПЗ 9.</b>                                      | Фрактал Жюлиа. [1] стр. 100-106.                             | <b>2</b> |
| <b>ПЗ 10.</b>                                     | Фрактал Мандельброта. [1] стр. 106-108.                      | <b>2</b> |
| <b>ПЗ 11</b>                                      | Фрактал Мандельброта на экране компьютера. [1] стр. 108-109. | <b>2</b> |
| <b>ПЗ 12.</b>                                     | Бассейны Ньютона.  | <b>2</b> |

## **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.

| <b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>   | <b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>   | Учебно-методич. обеспечение             |
|---|---|---|
| Основы фрактальной геометрии.   | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе).  | См. разделы 6.2, 8, 9 данного документа |
| Приложения теории фракталов   | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе).  | См. разделы 6.2, 8, 9 данного документа |
| Геометрические фракталы. Снежинка Коха, треугольник Серпинского, драконова ломаная. Алгебраические фракталы. Множества Мандельброта и Жюлиа. Алгоритмы их построения. | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе). Оформление результатов лабораторных работ. | См. разделы 6.2, 8, 9 данного документа |

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. Стохастические фракталы. Алгоритм построения.
10. Фракталы в природе.
11. L-системы
12. Дерево Пифагора.
13. Снежинка Коха.

#### **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)  $\frac{\ln 4}{\ln 3}$
  - 2)  $\frac{\ln 5}{\ln 6}$
  - 3)  $\frac{\ln 3}{\ln 4}$
  - 4) 1
3. Чему равна размерность Хаусдорфа треугольника Серпинского?
  - 1)  $\frac{\ln 2}{\ln 3}$
  - 2)  $\frac{\ln 3}{\ln 2}$
  - 3)  $\frac{\ln 8}{\ln 3}$
  - 4) 2
4. Чему равна размерность Хаусдорфа Канторова множества?
  - 1)  $\frac{\ln 2}{\ln 3}$
  - 2)  $\frac{\ln 3}{\ln 2}$
  - 3)  $\frac{\ln 8}{\ln 3}$
  - 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.

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

### **Критерии оценивания**

- оценки "отлично" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "отлично" выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

- оценки "хорошо" заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка "хорошо" выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

-оценки "удовлетворительно" заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно- программногo материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

-оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "неудовлетворительно" ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### **Рекомендуемые границы оценок:**

«отлично» - не менее 86% правильных ответов,

«хорошо» - 66-85% правильных ответов,

«удовлетворительно» - 51-65% правильных ответов,

«неудовлетворительно» - менее 50% правильных ответов.

Конечный результат складывается как средневзвешенная оценка текущего и промежуточного контролей соответственно с весами 50% .

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 40 баллов;

-участие на практических занятиях – 60 баллов;

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

-защита лабораторных работ – 60 баллов;

-письменная контрольная работа – 40 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](http://elib.dgu.ru)

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

**Лекционный курс.** Лекция является основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение научных и познавательных материалов, освещение основных понятий дисциплины и закрепление теоретического материала. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студента в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться к преподавателю за разъяснением. 25 Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на

полях. Конспекты лекций можно использовать при подготовке к экзамену, контрольным тестам, при выполнении самостоятельных заданий.

**Лабораторные занятия.** На лабораторных занятиях студент должен научиться решать с помощью ЭВМ практические задачи теории фракталов. При этом главное – научиться составлять алгоритмы решения задач и по этим алгоритмам составлять программы решения задач на ЭВМ, пользуясь языками программирования и (или) пакетами прикладных программ. 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.

**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.

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Все лекционные аудитории укомплектованы мультимедийными и техническими средствами обучения. В каждой аудитории 35 рабочих мест. Аудитории, в которых проводятся семинарские занятия, оснащены доской, укомплектованы рабочими местами в расчете на 25-30 студентов. На факультете имеются 4 компьютерных класса с современными персональными компьютерами и лицензионным программным обеспечением, на базе кафедры прикладной математики создана студенческая научно – исследовательская лаборатория «Математическое моделирование». На кафедре прикладной математики и в библиотеке ДГУ имеются методические указания к выполнению лабораторных работ, также в библиотеке ДГУ имеется соответствующая литература, кроме того методические разработки, размещены на сайте ДГУ.