



ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от «17» апреля 2020 г.  
Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФМиИТ  
 / Ефимов А.М.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*Теория фрактальных множеств*


*Вариативная часть*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
*01.03.01 «Математика»*

Направленность (профиль) подготовки  
*«Дифференциальные уравнения, динамические системы, оптимальное управление»*

Квалификация  
Бакалавр

|  |  |
|--|--|
| Разработчик (составитель)<br>зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор |  / Юмагулов М.Г. |
|--|--|

Для приема: 2020 г.

Уфа 2020 г.

Составитель: зав. кафедрой , д.ф.-м.н., профессор Юмагулов М.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры дифференциальных уравнений протокол № 8 от «17»\_\_ апреля \_\_2020 г.

## **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
  - 4.3. Рейтинг-план дисциплины
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Результаты обучения                      |   | Формируемая компетенция<br>(с указанием кода)  | Примечание |
|--|---|--|------------|
| Знания                                   | <b>Знать:</b><br>-содержание материала по предмету;<br>-основные методы решения задач;<br>-основные теоремы преподаваемой дисциплины.                       | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области |            |
| Умения                                   | <b>Уметь:</b><br>-решать задачи по преподаваемой дисциплине;<br>-определять корректность поставленной задачи;<br>-применять на практике знания по предмету. | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области |            |
| Владения<br>(навыки / опыт деятельности) | <b>Владеть:</b><br>- навыками корректной постановки задач;<br>-классическими и современными методами дисциплины;<br>-понятийным аппаратом предмета          | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области |            |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория фрактальных множеств» относится к части *Дисциплины по выбору*.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения в частных производных», «Аналитическая геометрия».

Изучение дисциплины «Теория фрактальных множеств» содействует формированию глубокого понимания теории динамических систем и является серьезным толчком к изучению такой важной темы, как Асимптотические методы теории дифференциальных уравнений

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ПК-1 - способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области.

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |   |
|-------------------------------------|---|--|---|--|---|
|                                     |   | 2 («Не удовлетворительно»)   | 3 («Удовлетворительно»)   | 4 («Хорошо»)   | 5 («Отлично»)   |
| Первый этап (уровень)               | <b>Знать:</b><br>-содержание материала по предмету;<br>-основные методы решения задач;<br>-основные теоремы преподаваемой дисциплины. | Отсутствие знаний содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой дисциплины | Частичные знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой дисциплины | Полные и четкие, но содержащие отдельные пробелы знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой дисциплины | Полные и четкие знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой дисциплины |
| Второй этап (уровень)               | <b>Уметь:</b><br>-решать задачи по преподаваемой дисциплине;<br>-определять корректность поставленной задачи;                         | Отсутствие умений решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять  | Фрагментарные умения решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной                        | В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения решать задачи по преподаваемой дисциплине,  | Сформированное умение решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность  |

|                       |  |  |   |   |  |
|-----------------------|--|--|---|---|--|
|                       | -применять на практике знания по предмету.   | корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету   | задачи, применять на практике знания по предмету  | определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету   | ь поставленной задачи, применять на практике знания по предмету  |
| Третий этап (уровень) | <b>Владеть:</b><br>- навыками корректной постановки задач;<br>-классическими и современными методами дисциплины;<br>-понятийным аппаратом предмета | Отсутствие владений способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета | В целом успешные, но не систематические владения способностью корректно поставить задачу, классическим и современным и методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета | В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы владения способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета | Успешные владения способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета |

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; .

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

|                |                     |             |                    |
|----------------|---------------------|-------------|--------------------|
| Этапы освоения | Результаты обучения | Компетенция | Оценочные средства |
|----------------|---------------------|-------------|--------------------|

|                              |   |   |  |
|------------------------------|---|---|--|
| 1-й этап<br>Знания           | <b>Знать:</b><br>-содержание материала по предмету;<br>-основные методы решения задач;<br>-основные теоремы преподаваемой дисциплины.                       | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области. | Контрольная работа, доклад на семинаре |
| 2-й этап<br>Умения           | <b>Уметь:</b><br>-решать задачи по преподаваемой дисциплине;<br>-определять корректность поставленной задачи;<br>-применять на практике знания по предмету. | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области. | Контрольная работа, доклад на семинаре |
| 3-й этап<br>Владеть навыками | <b>Владеть:</b><br>- навыками корректной постановки задач;<br>-классическими и современными методами дисциплины;<br>-понятийным аппаратом предмета          | ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области. | Контрольная работа, доклад на семинаре |

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета: 2 теоретических вопроса.

Вопросы для экзамена:

1. Метрические пространства. Определения и примеры. Открытые и замкнутые множества и их свойства.
2. Компактные множества, критерии компактности. Определения и примеры.
3. Метрика Хаусдорфа. Метрическое пространство Хаусдорфа непустых компактных множеств в  $R^n$ . Понятие сходимости последовательности множеств.
4. Линейные, нормированные и евклидовы пространства. Определения и примеры.
5. Аффинные преобразования и изометрия в пространстве  $R^n$ . Преобразование подобия.
6. Ортогональные матрицы. Преобразование подобия вида  $Tx=rQx+b$ .
7. Преобразование Хатчинсона.
8. Понятие топологической размерности множества.
9. Размерность Минковского.
10. Вводные понятия о фрактальных множествах. Понятие самоподобия и размерности самоподобных множеств. Самоподобные фрактальные множества.
11. Множество Кантора, ковер Серпинского и снежинка Коха как фрактальные множества. Фрактальная размерность и размерность Минковского этих множеств.
12. Понятие фрактального множества на языке размерностей.

13. Метод СИФ построения фрактальных множеств. Детерминированный и рандомизированный алгоритмы метода СИФ.
14. Комплексные динамические системы. Множества Жюлиа. Основные свойства.
15. Множество Мандельброта. Основные свойства.
16. Фракталы и хаос в динамических системах. Аттракторы и странные аттракторы.

**Образец экзаменационного билета:**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**Экзаменационный билет №1  
по курсу «Теория фрактальных множеств»**

1. Метрика Хаусдорфа. Метрическое пространство Хаусдорфа непустых компактных множеств в  $R^n$ . Понятие сходимости последовательности множеств.
2. Понятие фрактального множества на языке размерностей.

Преподаватель Юмагулов М. Г. / \_\_\_\_\_ /

Зав. кафедрой Юмагулов М. Г. / \_\_\_\_\_ /

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии и методика оценивания ответа на экзамене (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;



*- **10-16** баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;*

*- **1-10** баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.*

### **Список тем на семинары**

1. Ограниченные, открытые, замкнутые и компактные множества. Полные метрические пространства.
2. Метрика и метрическое пространство Хаусдорфа.
3. Понятия размерности: размерность линейного пространства, топологическая размерность,
4. Размерность Минковского.
5. Аффинные преобразования и изометрия. Ортогональные матрицы. Преобразование подобия.
6. Самоподобные множества. Фрактальная размерность самоподобных множеств. Самоподобные фракталы.
7. Классические фракталы: множество Кантора, ковер Серпинского, снежинка Коха, их размерности и основные свойства.
8. Принцип сжимающих отображений.
9. Преобразование Хатчинсона. Метод СИФ построения фрактальных множеств (детерминированный и рандомизированный алгоритмы).
10. Приложения теории фракталов.

### **Критерии и методика оценивания ответа на семинаре (в баллах):**

*- 10 баллов выставляется студенту за полный и развернутый доклад на семинаре на заданную тему и при верно данных ответах на дополнительные вопросы.*

*- 5-9 баллов выставляется студенту в случае, если студент сделал полный и развернутый доклад на семинаре на заданную тему и не ответил на 1-2 дополнительных вопроса, либо сделал неполный и/или нечеткий доклад, но при этом ответил на все дополнительные вопросы.*

*- 1-4 балла выставляется студенту в случае, если студент сделал неполный доклад на семинаре на заданную тему и не ответил ни на один дополнительный вопрос.*

*- 0 баллов выставляется студенту, если им не был сделан доклад на заданную тему.*

### **Задания для контрольной работы**

#### **Описание контрольной работы:**

В семестре студенту представляется две контрольные работы. Каждая контрольная работа состоит из четырех объемных заданий. Задача считается правильно решенной, если студентом приведено подробное и полное ее решение. Каждое задание

оценивается в 3 балла. В случае, если студент не справляется с более 50% заданий по обоим контрольным, он не допускается к сдаче экзамена. У каждого студента есть возможность пересдать контрольную работу.

**Пример варианта контрольной работы:  
Контрольная работа №1.**

Вариант № 1

- 1) Является ли метрическим пространством множество  $\mathbb{R}$  вещественных чисел, если ввести расстояние по формуле  $\rho(x,y)=(x-y)^2$ ?
- 2) Каким является множество  $A=(0,1)\cup\{2\}$ : открытым, замкнутым, компактным? Ответ обосновать.
- 3) Доказать, что объединение конечного числа замкнутых множеств замкнуто. Построить счетную последовательность замкнутых множеств, объединение которых не является замкнутым множеством.
- 4) Найти расстояние Хаусдорфа между кругом  $x^2+y^2\leq 81$  и квадратом с вершинами в точках  $(9; 0), (0; 9), (-9; 0), (0; -9)$ .
- 5) Пусть  $K_0=[0,1]$  и  $K_1, K_2, \dots$  -- множества, получаемые при последовательном построении множества Кантора  $K$  на 1, 2, ... шаге. Найти хаусдорфово расстояние  $h(K_0, K_2)$ .
- 6) Являются ли множества  $A, B, A\cup B, A\cup\overline{B}, \overline{A}\cup B$  компактными, связными или вполне несвязными, а также найти их диаметр, границу и хаусдорфово расстояние  $h(A,B)$ , если  $A=\{(x,y): 0<x^2+y^2<1\}$ ,  $B=\{(x,y): x^2+y^2=1\}$ .
- 7) Показать, что сумма площадей треугольников, выбрасываемых при построении ковры Серпинского, равна площади исходного треугольника.

Вариант № 2

- 1) Является ли метрическим пространством множество  $\mathbb{R}$  вещественных чисел, если ввести расстояние по формуле  $\rho(x,y)=\sin^2(x-y)$ ?
- 2) Каким является множество  $A=[0,1]\cup\{2\}$ : открытым, замкнутым, компактным? Ответ обосновать.
- 3) Доказать, что пересечение конечного числа открытых множеств открыто. Построить счетную последовательность открытых множеств, пересечение которых не является открытым множеством.
- 4) Найти расстояние Хаусдорфа между между кругом  $x^2+y^2\leq 1$  и треугольником с вершинами в точках  $(-1; 0), (1; 0), (0; 2)$ .

5) Пусть  $K_0 = [0,1]$  и  $K_1, K_2, \dots$  -- множества, получаемые при последовательном построении множества Кантора  $K$  на 1, 2, ... шаге. Найти хаусдорфово расстояние  $h(K_2, K)$ .

6) Являются ли множества  $A, B, A \cup B, A \cup \overline{B}, \overline{A} \cup B$  компактными, связными или вполне несвязными, а также найти их диаметр, границу и хаусдорфово расстояние  $h(A, B)$ , если:  $A = \{(x, y): 0 < (x-1)^2 + y^2 < 1\} \cup \{(x, y): 0 < (x-3)^2 + y^2 \leq 1\}$ ,  $B = \{(x, y): x^2 + y^2 \leq 2\}$ .

7) Показать, что сумма площадей треугольников, выбрасываемых при построении ковra Серпинского, равна площади исходного треугольника.

### Описание методики оценивания контрольной работы № 1:

Критерии оценки (в баллах)

12 баллов выставляется студенту, если все задачи решены верно;

9 баллов выставляется студенту, если 3 задачи решены верно;

6 баллов выставляется студенту, если 2 задачи решены верно;

3 балла выставляется студенту, если 1 задача решена верно.

### Контрольная работа № 2.

Тема Построение фрактальных множеств методом СИФ

#### Задание.

Пусть  $M_0$  – это исходное множество,  $M_1$  и  $M_2$  – множества, полученные после первого и второго шага итераций, соответственно, а  $M$  – предельное множество (фрактал).

1. Выписать преобразования подобия и преобразование Хатчинсона, переводящее множество  $M_0$  в  $M_1$ .
2. Изобразить множество  $M_2$  и (приблизительно) множество  $M$ .
3. Найти расстояния Хаусдорфа между множествами  $M_0$  и  $M_1$  и между множествами  $M_0$  и  $M$ .
4. Изучить свойства фрактала  $M$ :
  - a. найти фрактальную размерность и (или) размерность Минковского множества  $M$ ;
  - b. является ли множество  $M$  самоподобным (ответ обосновать) фракталом.

Вариант задания следует выбрать в соответствии с номером своей фамилии в списке группы.

Результаты оформить в виде отчета, который должен содержать:

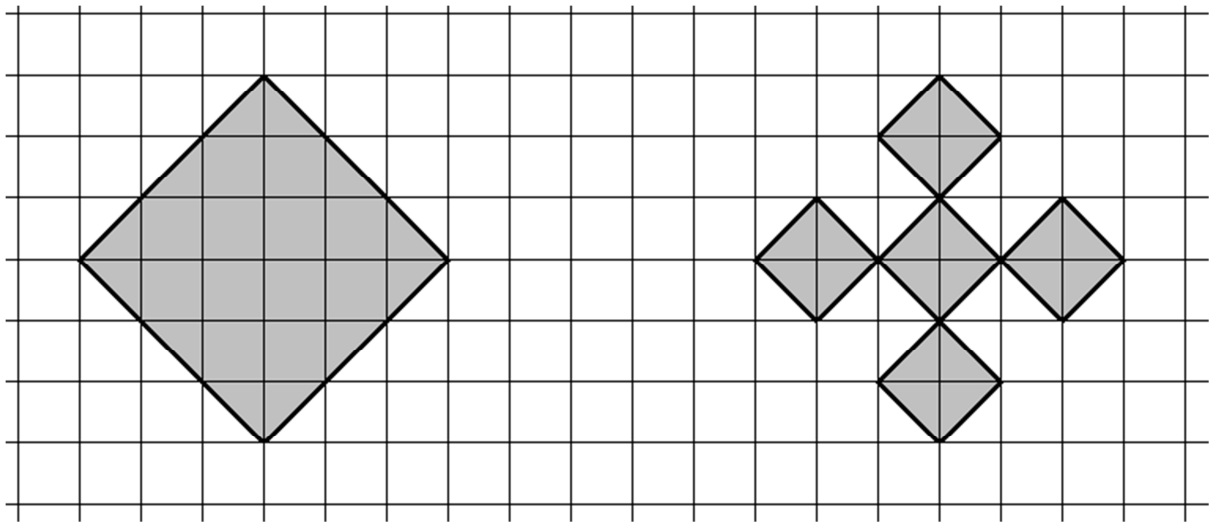
1. постановку задачи;
2. графическое представление фрактального множества  $M$ ;
3. математические расчеты, производимые при решении задачи. При этом необходимо привести соответствующие определения.

#### Варианты заданий.

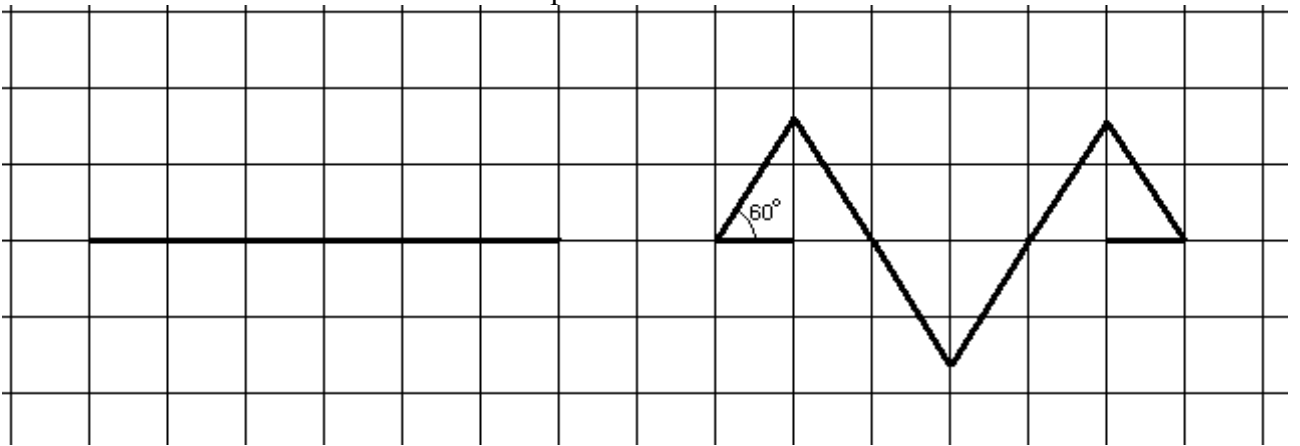
Слева - множество  $M_0$

Справа - множество  $M_1$

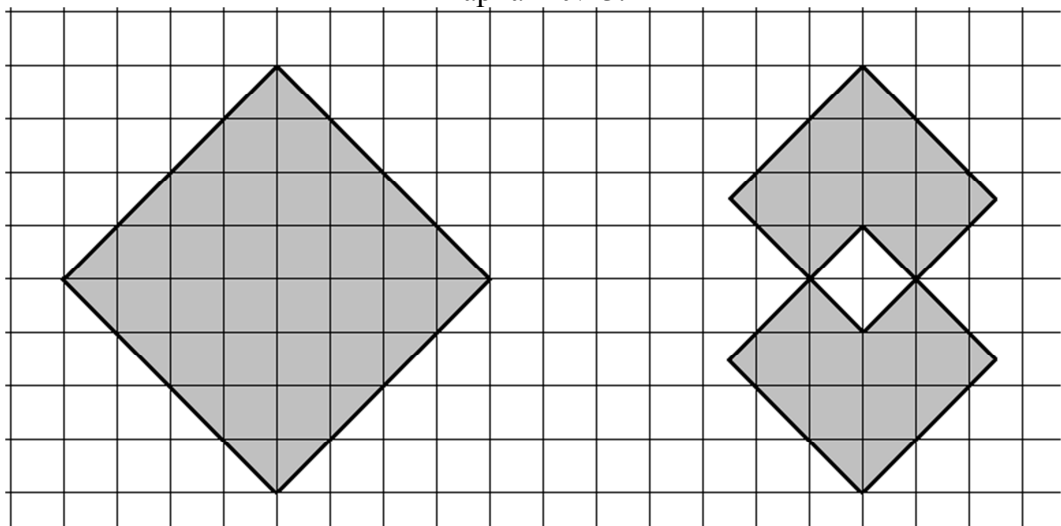
Вариант № 1.



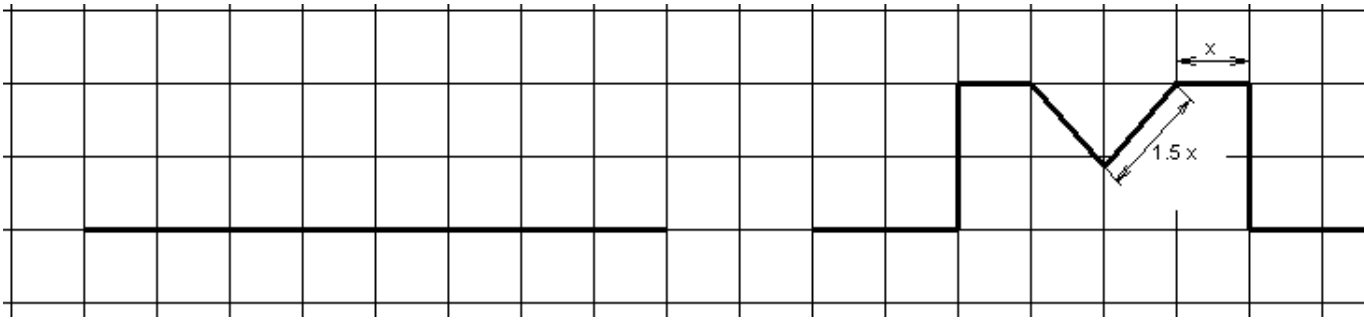
Вариант № 2.



Вариант № 3.



Вариант № 4.



### Описание методики оценивания контрольной работы № 2:

Критерии оценки (в баллах)

12 баллов выставляется студенту, если все задачи решены верно;

9 баллов выставляется студенту, если 3 задачи решены верно;

6 баллов выставляется студенту, если 2 задачи решены верно;

3 балла выставляется студенту, если 1 задача решена верно.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. [Кроновер, Р.М.](#) Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории : Учеб.пособие для студ. по спец. 01.02 "Прикладная математика" / Пер. с англ. Т.Э.Кренкеля, А.Л.Соловейчика под ред. Т.Э.Кренкеля .— М. : Постмаркет, 2000.— 350с.
2. Никулин, Е.А. Компьютерная графика. Фракталы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.А. Никулин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 100 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107949>.

#### Дополнительная литература:

3. Секованов В.С.. Элементы теории фрактальных множеств Учебное пособие. – М.: Книжный дом «Либроком», 2015. - 248 с..
4. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 160 с.

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013г. Лицензии бессрочные.

2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| 1 | Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»                          | Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ | Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет | <a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>   |
| 2 | Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» | Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий   | Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет | <a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a> |
| 3 | Электронно-библиотечная система издательства «Лань»                 | Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий   | Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет | <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>         |

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

| <b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>   | <b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>  | <b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>  |
|--|---|--|
| <p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b><br/>аудитория № 501 (физмат корпус - учебное), аудитория № 523(физмат корпус - учебное),</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b><br/>аудитория № 523 (физмат корпус - учебное),</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 501 (физмат корпус -</p> | <p><b>Аудитория № 501</b><br/>Учебная мебель, доска настенная меловая, персональный комп. и системный блок /Corei5-4460(3.2)/CIGABAYTEGV-N710D3-1GL/4Gb, Презентер Logitech Wireless PresenterR400 (210134000003592), проектор SonyVPL-DX270, экран ручной ViewScreenLotus 244x183 WLO-4304</p> <p><b>Аудитория №523</b><br/>Учебная мебель, доска настенная меловая</p> <p><b>Аудитория №527</b></p> | <p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>учебное), аудитория № 523 (физмат корпус - учебное), аудитория № 527 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 501 (физмат корпус - учебное), аудитория № 523 (физмат корпус - учебное), аудитория № 527 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>5.помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал №2 (физмат корпус - учебное)</p> | <p>Учебная мебель, доска настенная меловая</p> <p><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> |  |
|---|---|--|

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Теория фрактальных множеств

очная

форма обучения

| Вид работы  | Объем дисциплины |
|---|------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)   | 5 / 180          |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:  |                  |
| лекций  | 36               |
| практических/ семинарских   | 36               |
| лабораторных  |                  |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 1,2              |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)  | 81               |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)   | 25,8             |

**Формы контроля:**

экзамен 5 семестр



| №<br>п/п | Тема и содержание  | Форма изучения материалов: лекции,<br>практические занятия, семинарские занятия,<br>лабораторные работы, самостоятельная работа и<br>трудоёмкость (в часах) |        |    |    | Основная и<br>дополнительная<br>литература,<br>рекомендуемая<br>студентам (номера<br>из списка) | Задания по<br>самостоятельной<br>работе студентов | Форма текущего<br>контроля<br>успеваемости<br>(коллоквиумы,<br>контрольные<br>работы,<br>компьютерные<br>тесты и т. п. ) |
|----------|--|---|--------|----|----|---|---|--|
|          |  | ЛК  | ПР/СЕМ | ЛР | СР |   |   |  |
| 1        | 2  | 3   | 4      | 5  | 6  | 7   | 8   | 9  |
| 1.       | Аффинные преобразования и изометрия.<br>Ортогональные матрицы.<br>Преобразование подобия.<br>Метрика Хаусдорфа.        | 6   | 6      |    | 16 | [1]- [4]  | [1]-[2]   | Контрольная работа, доклад на семинаре   |
| 2.       | Самоподобные фрактальные множества.<br>Фрактальная размерность.<br>Снежинка Коха,<br>ковёр Серпинского и пыль Кантора. | 6   | 6      |    | 16 | [1]-[4]   | [1]-[2]   | Контрольная работа, доклад на семинаре   |
| 3.       | Размерность Минковского.<br>Топологическая размерность.  | 8   | 8      |    | 17 | [1] -[4]  | [1]-[2]   | Доклад на семинаре   |

|    |   |     |    |    |  |    |         |         |  |
|----|---|-----|----|----|--|----|---------|---------|--|
| 4. | Метод построения фрактальных множеств. Преобразование Хатчинсона. | СИФ | 8  | 8  |  | 16 | [1]-[4] | [1]-[2] | Контрольная работа, доклад на семинаре |
| 5. | Комплексные динамические системы. Множества Жюлиа и Мандельброта. |     | 8  | 8  |  | 16 | [1]-[4] | [1]-[2] | Контрольная работа, доклад на семинаре |
|    | <b>Всего часов:</b>   |     | 36 | 36 |  | 81 |         |         |  |

**Рейтинг – план дисциплины**  
*Теория фрактальных множеств*

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

Направление подготовки 01.03.01 Математика

курс 3, семестр 5 (1)

Рейтинг-план (экзамен)

| Виды учебной деятельности студентов                                    | Балл за конкретное задание | Число заданий за семестр | Баллы       |              |
|--|----------------------------|--------------------------|-------------|--------------|
|  |                            |                          | Минимальный | Максимальный |
| <b>Модуль 1.</b>   |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Работа на семинаре  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>13</b>    |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Отчёт по домашней контрольной работе № 1                               | <b>3</b>                   | <b>4</b>                 | <b>0</b>    | <b>12</b>    |
| <b>Модуль 2.</b>   |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             | <b>20</b>    |
| 1. Работа на семинаре  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>10</b>    |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Выступление на семинаре  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>10</b>    |
| <b>Модуль 3.</b>   |                            |                          |             |              |
| <b>Текущий контроль</b>  |                            |                          |             | <b>25</b>    |
| 1. Работа на семинаре  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>13</b>    |
| <b>Рубежный контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Отчёт по домашней контрольной работе № 2                               | <b>3</b>                   | <b>4</b>                 | <b>0</b>    | <b>12</b>    |
| <b>Поощрительные баллы</b>   |                            |                          |             |              |
| 1. Студенческая олимпиада или конкурс рефератов                        |                            |                          | <b>0</b>    | <b>5</b>     |
| 2. Волонтерская работа при проведении олимпиад и конференций           |                            |                          | <b>0</b>    | <b>5</b>     |
| <b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b> |                            |                          |             |              |
| 1. Посещение лекционных занятий  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>-6</b>    |
| 2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)          |                            |                          | <b>0</b>    | <b>-10</b>   |
| <b>Итоговый контроль</b>   |                            |                          |             |              |
| Экзамен  |                            |                          | <b>0</b>    | <b>30</b>    |
| <b>Итого</b>   |                            |                          | <b>0</b>    | <b>100</b>   |

