

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Горно-Алтайский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО ГАГУ, ГАГУ, Горно-Алтайский государственный университет)

**Фрактальная геометрия**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **кафедра математики, физики и информатики**

Учебный план 01.03.01\_2023\_633.plx  
01.03.01 Математика  
Прикладная математика и программирование

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 72  
в том числе: Виды контроля в семестрах:  
зачеты 7  
аудиторные занятия 36  
самостоятельная работа 26,1  
часов на контроль 8,85

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	15 4/6		УП	РП
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Консультации (для студента)	0,9	0,9	0,9	0,9
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,15	0,15	0,15	0,15
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	37,05	37,05	37,05	37,05
Сам. работа	26,1	26,1	26,1	26,1
Часы на контроль	8,85	8,85	8,85	8,85
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):

ст. преподаватель, Ваулин Д. А.



Рабочая программа дисциплины

**Фрактальная геометрия**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 8)

составлена на основании учебного плана:

01.03.01 Математика

утвержденного учёным советом вуза от 26.12.2022 протокол № 12.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

**кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от 09.03.2023 протокол № 8

И. о. зав. кафедрой Богданова Рада Александровна



---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	<i>Цели:</i> Овладение основными понятиями фрактальной геометрии и ознакомление с ее современным состоянием, ее приложениями и классическими результатами, относящимися к этой области.
1.2	<i>Задачи:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• подготовка студентов для научно-исследовательской и практической деятельности в области фрактальной геометрии, Фрактального анализа и их приложений</li> <li>• развитие общей математической культуры и формирование у студентов понимания роли фрактальной геометрии в развитии математического анализа, в прикладной математике и естественных науках;</li> <li>• формирование навыков работы с новыми научными публикациями.</li> <li>• формирование навыков компьютерного моделирования фрактальных объектов.</li> </ul>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.07
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Функциональный анализ
2.1.2	Математический анализ
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<b>ПК-1: Способен организовать учебную деятельность в конкретной предметной области (математика, информатика)</b>	
<b>ИД-1.ПК-1: Знает основы математической теории, перспективных направлений развития современной математики и информатики</b>	
Знать основные определения, утверждения и методы фрактальной геометрии.	
<b>ИД-2.ПК-1: Имеет представление о широком спектре приложений математики и информатики; знает доступные обучающимся математические элементы этих приложений</b>	
Уметь применять основные определения, утверждения и методы фрактальной геометрии.	
<b>ИД-4.ПК-1: Владеет методами решения задач элементарной математики соответствующей ступени образования, задач олимпиад, проводит различия между точным и (или) приближенным математическим доказательством</b>	
Владеть методами решения задач и доказательства теорем фрактальной геометрии.	
<b>ПК-3: способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знает постановки классических задач математики</b>	
<b>ИД-1.ПК-3: Владеет способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области</b>	
Знать основные определения, утверждения и методы фрактальной геометрии.	
<b>ИД-2.ПК-3: Умеет строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</b>	
Уметь доказывать основные утверждения в области фрактальной геометрии.	
<b>ИД-3.ПК-3: Умеет публично представлять собственные и известные научные результаты</b>	
Владеть методами подготовки и представления докладов.	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Топология гиперпространств.						

1.1	Топология гиперпространств. /Лек/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
1.2	Топология гиперпространств. /Пр/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
1.3	Подготовка к практическим занятиям, выполнение домашнего задания. /Ср/	7	8	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
<b>Раздел 2. Структурные теоремы в теории самоподобных множеств.</b>							
2.1	Структурные теоремы в теории самоподобных множеств. /Лек/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
2.2	Структурные теоремы в теории самоподобных множеств. /Пр/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
2.3	Подготовка к практическим занятиям, выполнение домашнего задания. /Ср/	7	6	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
<b>Раздел 3. Мера и размерность самоподобных множеств.</b>							
3.1	Мера и размерность самоподобных множеств. /Лек/	7	6	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
3.2	Мера и размерность самоподобных множеств. /Пр/	7	6	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
3.3	Подготовка к практическим занятиям, выполнение домашнего задания. /Ср/	7	6,1	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
<b>Раздел 4. Дискретные динамические системы.</b>							

4.1	Дискретные динамические системы. /Лек/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
4.2	Дискретные динамические системы. /Пр/	7	4	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	2	
4.3	Подготовка к практическим занятиям, выполнение домашнего задания. /Ср/	7	6	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л1.1Л2.1	0	
<b>Раздел 5. Консультации</b>							
5.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	0,9	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л2.1	0	
<b>Раздел 6. Промежуточная аттестация (зачёт)</b>							
6.1	Подготовка к зачёту /Зачёт/	7	8,85	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л2.1	0	
6.2	Контактная работа /КСРАТТ/	7	0,15	ИД-1.ПК-1 ИД-2.ПК-1 ИД-4.ПК-1 ИД-1.ПК-3 ИД-2.ПК-3 ИД-3.ПК-3	Л2.1	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Пояснительная записка

1. Назначение фонда оценочных средств. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины Фрактальная геометрия.
2. Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме вопросов к зачету, тестов, коллоквиумов, индивидуальных заданий и контрольных работ.

### 5.2. Оценочные средства для текущего контроля

1. Свойства Хаусдорфова расстояния.
2. Верхние и нижние пределы.
3. Теорема о полноте гиперпространства.
4. Теорема Хатчинсона.
5. Условие открытого множества.
6. Формула Морана
7. Свойства Канторова множества.
8. Ассоциированное семейство подобий.
9. Связность аттрактора циппера.
10. Определение самоаффинного тайла.
11. Теорема Бандта-Графа.
12. Размерность подобия.
13. Мера Хаусдорфа и ее свойства.
14. Размерность Хаусдорфа.
15. Условие положительности меры.
16. Топология и метрика индексного пространства.
17. Инвариантная мера на самоподобном множестве.

**5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)**

Темы письменных работ приведены в Приложении №1.

**5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Вопросы к зачету

1. Свойства Хаусдорфова расстояния.
2. Верхние и нижние пределы.
3. Теорема о полноте гиперпространства.
4. Теорема Хатчинсона.
5. Условие открытого множества.
6. Формула Морана
7. Свойства Канторова множества.
8. Ассоциированное семейство подобий.
9. Связность аттрактора циппера.
10. Определение самоаффинного тайла.
11. Теорема Бандта-Графа.
12. Размерность подобия.
13. Мера Хаусдорфа и ее свойства.
14. Размерность Хаусдорфа.
15. Условие положительности меры.
16. Топология и метрика индексного пространства.
17. Инвариантная мера на самоподобном множестве.

Критерии оценивания:

- студент знает формулировки всех определений и может приводить примеры к ним;
- студент знает формулировки всех утверждений и теорем;
- решены все индивидуальные задания;

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Тетенев А.В., Ваулин Д.А., Камалутдинов К.Г.	Фрактальная геометрия: учебное пособие	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2013	<a href="http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=719:fraktalnaya-geometriya&amp;catid=5:mathematics&amp;Itemid=163">http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=719:fraktalnaya-geometriya&amp;catid=5:mathematics&amp;Itemid=163</a>

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Иванов А. О., Ильютко Д. П., Носовский [и др.] Г. В.	Компьютерная геометрия: практикум	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ); Ай Пи Ар Медиа, 2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/120478.html">https://www.iprbookshop.ru/120478.html</a>

**6.3.1 Перечень программного обеспечения**

6.3.1.1	MS Office
6.3.1.2	MS WINDOWS
6.3.1.3	IFS Builder 3d
6.3.1.4	MatLab
6.3.1.5	MikTex
6.3.1.6	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ
6.3.1.7	Moodle
6.3.1.8	NVDA
6.3.1.9	Яндекс.Браузер
6.3.1.10	FRACTRACER evaluation version

6.3.1.11	LibreOffice
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>	
6.3.2.1	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks
6.3.2.3	Межвузовская электронная библиотека

<b>7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
	проблемная лекция
	дискуссия
	конференция

<b>8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>		
Номер аудитории	Назначение	Основное оснащение
209 Б1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся). Маркерная ученическая доска, экран, мультимедиапроектор, компьютеры с доступом в Интернет
211 Б1	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), компьютеры с доступом к Интернет
207 Б1	Лекционная аудитория. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, проектор, экран, системный блок, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя

<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>
<p>Методические указания по освоению дисциплин (модулей)</p> <p>Лекции, с одной стороны – это одна из основных форм учебных занятий в высших учебных заведениях, представляющая собой систематическое, последовательное устное изложение преподавателем определенного раздела конкретной науки или учебной дисциплины, с другой – это особая форма самостоятельной работы с учебным материалом. Лекция не заменяет собой книгу, она только подталкивает к ней, раскрывая тему, проблему, выделяя главное, существенное, на что следует обратить внимание, указывает пути, которым нужно следовать, добиваясь глубокого понимания поставленной проблемы, а не общей картины.</p> <p>Работа на лекции – это сложный процесс, который включает в себя такие элементы как слушание, осмысление и собственно конспектирование. Для того, чтобы лекция выполнила свое назначение, важно подготовиться к ней и ее записи еще до прихода преподавателя в аудиторию. Без этого дальнейшее восприятие лекции становится сложным. Лекция в университете рассчитана на подготовленную аудиторию. Преподаватель излагает любой вопрос, ориентируясь на те знания, которые должны быть у студентов, усвоивших материал всех предыдущих лекций. Важно научиться слушать преподавателя во время лекции, поддерживать непрерывное внимание к выступающему.</p> <p>Однако, одного слушания недостаточно. Необходимо фиксировать, записывать тот поток информации, который сообщается во время лекции – научиться вести конспект лекции, где формулировались бы наиболее важные моменты, основные положения, излагаемые лектором. Для ведения конспекта лекции следует использовать тетрадь. Ведение конспекта на листочках не рекомендуется, поскольку они не так удобны в использовании и часто теряются. При оформлении конспекта лекции необходимо оставлять поля, где студент может записать свои собственные мысли, возникающие параллельно с мыслями, высказанными лектором, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе слушания, чтобы получить на них ответы при самостоятельной проработке материала лекции, при изучении рекомендованной литературы или непосредственно у преподавателя в конце лекции. Составляя конспект лекции, следует оставлять значительный интервал</p>



между строчками. Это связано с тем, что иногда возникает необходимость вписать в первоначальный текст лекции одну или несколько строчек, имеющих принципиальное значение и почерпнутых из других источников. Расстояние между строками необходимо также для подчеркивания слов или целых групп слов (такое подчеркивание вызывается необходимостью привлечь внимание к данному месту в тексте при повторном чтении). Обычно подчеркивают определения, выводы. Также важно полностью без всяких изменений вносить в тетрадь схемы, таблицы, чертежи и т.п., если они предполагаются в лекции. Для того, чтобы совместить механическую запись с почти дословным фиксированием наиболее важных положений, можно использовать системы условных сокращений. В первую очередь сокращаются длинные слова и те, что повторяются в речи лектора чаще всего. При этом само сокращение должно быть по возможности кратким.

Семинарские (практические) занятия Самостоятельная работа студентов по подготовке к семинарскому (практическому) занятию должна начинаться с ознакомления с планом семинарского (практического) занятия, который включает в себя вопросы, выносимые на обсуждение, рекомендации по подготовке к семинару (практическому занятию), рекомендуемую литературу к теме. Изучение материала следует начать с просмотра конспектов лекций. Восстановив в памяти материал, студент приводит в систему основные положения темы, вопросы темы, выделяя в ней главное и новое, на что обращалось внимание в лекции. Затем следует внимательно прочитать соответствующую главу учебника.

Для более углубленного изучения вопросов рекомендуется конспектирование основной и дополнительной литературы. Читая рекомендованную литературу, не стоит пассивно принимать к сведению все написанное, следует анализировать текст, думать над ним, этому способствуют записи по ходу чтения, которые превращают чтение в процесс. Записи могут вестись в различной форме: развернутых и простых планов, выписок (тезисов), аннотаций и конспектов.

Подобрав, отработав материал и усвоив его, студент должен начать непосредственную подготовку своего выступления на семинарском (практическом) занятии для чего следует продумать, как ответить на каждый вопрос темы.

По каждому вопросу плана занятий необходимо подготовиться к устному сообщению (5-10 мин.), быть готовым принять участие в обсуждении и дополнении докладов и сообщений (до 5 мин.).

Выступление на семинарском (практическом) занятии должно удовлетворять следующим требованиям: в нем излагаются теоретические подходы к рассматриваемому вопросу, дается анализ принципов, законов, понятий и категорий; теоретические положения подкрепляются фактами, примерами, выступление должно быть аргументированным.

Лабораторные работы являются основными видами учебных занятий, направленными на экспериментальное (практическое) подтверждение теоретических положений и формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе лабораторной работы как вида учебного занятия студенты выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

При выполнении обучающимися лабораторных работ значимым компонентом становятся практические задания с использованием компьютерной техники, лабораторно - приборного оборудования и др. Выполнение студентами лабораторных работ проводится с целью: формирования умений, практического опыта (в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, и на основании перечня формируемых компетенций, установленными рабочей программой дисциплины), обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний, совершенствования умений применять полученные знания на практике.

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что в ходе выполнения заданий у студентов формируются умения и практический опыт работы с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, программами и др., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов - их теоретической готовности к выполнению задания.

Формы организации студентов при проведении лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется группами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Текущий контроль учебных достижений по результатам выполнения лабораторных работ проводится в соответствии с системой оценивания (рейтинговой, накопительной и др.), а также формами и методами (как традиционными, так и инновационными, включая компьютерные технологии), указанными в рабочей программе дисциплины (модуля). Текущий контроль проводится в пределах учебного времени, отведенного рабочим учебным планом на освоение дисциплины, результаты заносятся в журнал учебных занятий.

Объем времени, отводимый на выполнение лабораторных работ, планируется в соответствии с учебным планом ОПОП.

Перечень лабораторных работ в РПД, а также количество часов на их проведение должны обеспечивать реализацию требований к знаниям, умениям и практическому опыту студента по дисциплине (модулю) соответствующей ОПОП.

Самостоятельная работа обучающихся – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Объем самостоятельной работы определяется учебным планом основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), рабочей программой дисциплины (модуля).

Самостоятельная работа организуется и проводится с целью формирования компетенций, понимаемых как способность применять знания, умения и личностные качества для успешной практической деятельности, в том числе:

- формирования умений по поиску и использованию нормативной, правовой, справочной и специальной литературы, а также других источников информации;

- качественного освоения и систематизации полученных теоретических знаний, их углубления и расширения по

применению на уровне межпредметных связей;

- формирования умения применять полученные знания на практике (в профессиональной деятельности) и закрепления практических умений обучающихся;
- развития познавательных способностей, формирования самостоятельности мышления обучающихся;
- совершенствования речевых способностей обучающихся;
- формирования необходимого уровня мотивации обучающихся к систематической работе для получения знаний, умений и владений в период учебного семестра, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования способностей к саморазвитию (самопознанию, самоопределению, самообразованию, самосовершенствованию, самореализации и саморегуляции);
- развития научно-исследовательских навыков;
- развития навыков межличностных отношений.

К самостоятельной работе по дисциплине (модулю) относятся: проработка теоретического материала дисциплины (модуля); подготовка к семинарским и практическим занятиям, в т.ч. подготовка к текущему контролю успеваемости обучающихся (текущая аттестация); подготовка к лабораторным работам; подготовка к промежуточной аттестации (зачётам, экзаменам).

Виды, формы и объемы самостоятельной работы обучающихся при изучении дисциплины (модуля) определяются:

- содержанием компетенций, формируемых дисциплиной (модулем);
- спецификой дисциплины (модуля), применяемыми образовательными технологиями;
- трудоемкостью СР, предусмотренной учебным планом;
- уровнем высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура), на котором реализуется ОПОП;
- степенью подготовленности обучающихся.

Курсовая работа является самостоятельным творческим письменным научным видом деятельности студента по разработке конкретной темы. Она отражает приобретенные студентом теоретические знания и практические навыки. Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно под руководством преподавателя.

Курсовая работа, наряду с экзаменами и зачетами, является одной из форм контроля (аттестации), позволяющей определить степень подготовленности будущего специалиста. Курсовые работы защищаются студентами по окончании изучения указанных дисциплин, определенных учебным планом.

Оформление работы должно соответствовать требованиям. Объем курсовой работы: 25–30 страниц. Список литературы и Приложения в объем работы не входят. Курсовая работа должна содержать: титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы, приложение (при необходимости). Курсовая работа подлежит рецензированию руководителем курсовой работы. Рецензия является официальным документом и прикладывается к курсовой работе.

Тематика курсовых работ разрабатывается в соответствии с учебным планом. Руководитель курсовой работы лишь помогает студенту определить основные направления работы, очертить её контуры, указывает те источники, на которые следует обратить главное внимание, разъясняет, где отыскать необходимые книги.

Составленный список источников научной информации, подлежащий изучению, следует показать руководителю курсовой работы.

Курсовая работа состоит из глав и параграфов. Вне зависимости от решаемых задач и выбранных подходов структура работы должна содержать: титульный лист, содержание, введение, основную часть; заключение; список литературы; приложение(я).

Во введении необходимо отразить: актуальность; объект; предмет; цель; задачи; методы исследования; структура работы.

Основную часть работы рекомендуется разделить на 2 главы, каждая из которых должна включать от двух до четырех параграфов.

Содержание глав и их структура зависит от темы и анализируемого материала.

Первая глава должна иметь обзорно–аналитический характер и, как правило, является теоретической.

Вторая глава по большей части раскрывает насколько это возможно предмет исследования. В ней приводятся практические данные по проблематике темы исследования.

Выводы оформляются в виде некоторого количества пронумерованных абзацев, что придает необходимую стройность изложению изученного материала. В них подводятся итог проведённой работы, непосредственно выводы, вытекающие из всей работы и соответствующие выявленным проблемам, поставленным во введении задачам работы; указывается, с какими трудностями пришлось столкнуться в ходе исследования.

Правила написания и оформления курсовой работы регламентируются Положением о курсовой работе (проекте), утвержденным решением Ученого совета ФГБОУ ВО ГАГУ от 27 апреля 2017 г.

## Оценочное средство

### ИРС по предмету Фрактальная геометрия.

1. Построить замощение плоскости самоподобными тайлами кратности  $n$ , раскрасить их в разные цвета.
2. Построить полное семейство двузвенных самоподобных ципперов на плоскости с узлами в вершинах равнобедренного треугольника, рассмотреть все возможные сигнатуры.
3. Построить сечение губки Менгера плоскостью, проходящей через вершины  $(1, 0, 0)$ ,  $(0, 1, 0)$ ,  $(0, 0, 1)$ ; через середины сторон куба; записать его в виде граф-ориентированной системы.
4. В программах IFS Builder, Fractracer, IFSTile построить следующие вспомогательные объекты: отрезок, стрелка, ориентированный  $n$ -угольник, заполненные квадрат, треугольник, 5-угольник, 6-угольник.
5. В программах IFS Builder, Fractracer построить каркасы куба, тетраэдра, октаэдра; построить поверхности правильных многогранников; построить заполненный куб и тетраэдр.
6. Построить операторы раскраски в Fractracer для объектов, перечисленных в 1 и 2.
7. В программах IFS Builder, Fractracer, IFSTile построить операторы Хатчинсона для квадрата, треугольника Серпинского (с переменными параметрами), кривой Коха, многоугольных дендритов, губки Менгера. Научиться строить итерации полученных операторов Хатчинсона для этих множеств, применяя их к базовым объектам из 1, 2.
8. В программе Fractracer научиться строить фрактальные раскраски для полученных множеств.
9. В программах IFS Builder, Fractracer, IFSTile построить все возможные семейства плоских двузвенных самоподобных ципперов с переменным параметром.
10. Построить кривые Пеано сиз каталога [www.fractalcurves.com](http://www.fractalcurves.com).
11. Построить простейший мультициппер с двумя двузвенными компонентами. Написать уравнения для его размерности подобия.
12. Построить граф-ориентированную систему задающую: Снежинку Коха; половинку ковра Серпинского; диагональное сечение Губки Менгера; граничную кривую двойного дракона; границу "фрактальной вертушки"; дуг главного дерева в самоподобных дендритах. Выписать уравнения для размерности подобия этих множеств.
13. Построить график аффинной фрактальной интерполяционной функции с 3 узлами.
14. Для кривой Пеано из п.5 построить пространственную кривую, ее параметризующую.
15. Построить фрактальные интерполяционные функции на плоских дендритах, заданным многоугольниками.

#### Критерии оценки:

Критерии	Оценка
все задания индивидуальной работы решены верно и полностью; студент может провести защиту каждого задания у доски, не используя решение; студент может объяснить все методы и приемы, используемые в решении, знает теоретические предпосылки всех методов и приемов	"Отлично"
все задания индивидуальной работы решены верно или в некоторых заданиях работы допущены негрубые вычислительные ошибки при правильно выбранном методе; студент может провести защиту каждого задания с использованием решения у доски или за партой; студент знает методы и приемы, используемые в решении, демонстрирует основы теоретических обоснований методов и приемов.	"Хорошо"
решено не менее 65% заданий индивидуальной работы; студент знает и понимает методы и приемы решения заданий; студент знает формулировки основных теорем, на которых основываются методы и приемы решения заданий.	"Удовлетворительно"
решено менее 65% заданий работы; студент не обнаруживает знание и понимание используемых им при решении заданий методов и приемов; студент не знает (не понимает) теоретические основы методов и приемов.	"Неудовлетворительно"

## Оценочное средство

### Контрольная работа № 1 по предмету Фрактальная геометрия.

1. Представить подобие в виде композиции гомотетии, переноса и поворота, если  $f(1, 0) = (2, 0)$ ,  $f(2, 1) = (3, 0)$ . Найдите его непрерывную точку.
2. Найдите расстояние Хаусдорфа между  $[-2, 2]$  и  $[-1, -1] \cup [2, 3]$ .
3. Канторово множество получается удалением из каждого отрезка его центрального отрезка длиной  $hl$ . Найдите его размерность.

#### Критерии оценки:

Критерии	Оценка
- все задания контрольной работы решены верно и полностью; - студент может провести защиту каждого задания у доски, не используя решение; - студент может объяснить все методы и приемы, используемые в решении, знает теоретические предпосылки всех методов и приемов.	"Отлично"
- все задания контрольной работы решены верно или в некоторых заданиях работы допущены негрубые вычислительные ошибки при правильно выбранном методе; - студент может провести защиту каждого задания с использованием решения у доски или за партой; - студент знает методы и приемы, используемые в решении, демонстрирует основы теоретических обоснований методов и приемов.	"Хорошо"
- решены не менее 60% всех задач в контрольной работе; - студент знает и понимает методы и приемы решения заданий; - студент знает формулировки основных теорем, на которых основываются методы и приемы решения заданий.	"Удовлетворительно"
- количество верно решенных задач – менее 60%; - студент не обнаруживает знание и понимание используемых им при решении заданий методов и приемов; - студент не знает (не понимает) теоретические основы методов и приемов.	"Неудовлетворительно"

## Оценочное средство

### Контрольная работа № 2 по предмету Фрактальная геометрия.

1. Представить подобие в виде композиции гомотетии, переноса и поворота, если  $f(0,1) = (1,3)$ ,  $f(2,3) = (0,2)$ . Найдите его непрерывную точку.
2. Найдите расстояние Хаусдорфа между  $[-1,3]$  и  $-1, 1, 3, 4$ .
3. Построить треугольник, аналогично треугольника Серпинского, но, так, чтобы исходный треугольник делился на 9 частей. Найдите размерность его аттрактора.

#### Критерии оценки:

Критерии	Оценка
- все задания контрольной работы решены верно и полностью; - студент может провести защиту каждого задания у доски, не используя решение; - студент может объяснить все методы и приемы, используемые в решении, знает теоретические предпосылки всех методов и приемов.	"Отлично"
- все задания контрольной работы решены верно или в некоторых заданиях работы допущены негрубые вычислительные ошибки при правильно выбранном методе; - студент может провести защиту каждого задания с использованием решения у доски или за партой; - студент знает методы и приемы, используемые в решении, демонстрирует основы теоретических обоснований методов и приемов.	"Хорошо"
- решены не менее 60% всех задач в контрольной работе; - студент знает и понимает методы и приемы решения заданий; - студент знает формулировки основных теорем, на которых основываются методы и приемы решения заданий.	"Удовлетворительно"
- количество верно решенных задач – менее 60%; - студент не обнаруживает знание и понимание используемых им при решении заданий методов и приемов; - студент не знает (не понимает) теоретические основы методов и приемов.	"Неудовлетворительно"

## Оценочное средство

### Список докладов (письменных работ) по предмету Фрактальная геометрия.

1. Топология гиперпространств.
2. Расстояние Хаусдорфа.
3. Теорема о полноте гиперпространств.
4. Структурные теоремы в теории самоподобных множеств.
5. Индексное пространство.
6. Трёхмерные изображения фракталов в программе IFS Builder 3D.
7. Построение моделей самоподобных ципперов.
8. Самоаффинные тайлы.
9. Мера и размерность самоподобных множеств.
10. Построение инвариантных мер.
11. Размерность подобия и формула Морана.
12. Дискретные динамические системы.
13. Множества Жюлиа и Мандельброта. Программа Fractal Explorer. Алгоритмы построения множества Жюлиа и Мандельброта.

#### Критерии оценки:

Критерии	Оценка
Студент может воспроизводить текст доклада не используя печатный вариант текста; может сформулировать основную мысль тезисов и подробно её раскрыть; может ответить не менее чем на 75% дополнительных вопросов, заданных преподавателем и другими студентами.	"Отлично"
Студент может воспроизводить текст доклада незначительно используя печатный вариант текста; может сформулировать основную мысль тезисов и раскрыть её; может ответить не менее, чем на 65% дополнительных вопросов, заданных преподавателем и другими студентами.	"Хорошо"
Студент может воспроизводить текст доклада с использованием печатного варианта текста, не зачитывая печатный вариант текста, может сформулировать основную мысль тезисов, может ответить не менее чем на 50% дополнительных вопросов, заданных преподавателем и другими студентами.	"Удовлетворительно"
Студент не может воспроизводить текст доклада без чтения печатного варианта текста; студент не может сформулировать основную мысль тезисов; студент может ответить менее, чем на 50% дополнительных вопросов, заданных преподавателем и другими студентами.	"Неудовлетворительно"

## Оценочное средство

### Вопросы к зачету по предмету Фрактальная геометрия.

1. Свойства Хаусдорфова расстояния.
2. Верхние и нижние пределы.
3. Теорема о полноте гиперпространства.
4. Теорема Хатчинсона.
5. Условие открытого множества.
6. Формула Морана.
7. Свойства Канторова множества.
8. Ассоциированное семейство подобий.
9. Связность аттрактора циппера.
10. Определение самоаффинного тайла.
11. Теорема Бандта-Графа.
12. Размерность подобия.
13. Мера Хаусдорфа и ее свойства.
14. Размерность Хаусдорфа.
15. Условие положительности меры.
16. Топология и метрика индексного пространства.
17. Инвариантная мера на самоподобном множестве

#### Критерии оценки:

Критерии	Оценка
- студент знает формулировки определений, вынесенных на зачет, и может привести пример к каждому определению; - студент знает формулировки всех утверждений и теорем, вынесенных на зачет; - решены все индивидуальные задания; - контрольные работы были сданы на оценки не ниже чем <b>УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</b> .	"Зачтено"
- студент не знает формулировки определений, вынесенных на зачет, или не умеет приводить примеры для них; - студент не знает формулировки основных утверждений и теорем, вынесенных на зачет; - индивидуальные задания решены не в полном объеме; - контрольные работы не были сданы либо сданы на оценки <b>НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</b> .	"Не зачтено"