

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Фракталы и многообразия Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 01.03.01 - Математика

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Игудесман К.Б. , Шурыгин В.В.

Рецензент(ы):

-

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Шурыгин В. В.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2016

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Игудесман К.Б. ; профессор, д.н. (профессор) Шурыгин В.В. Кафедра геометрии отделение математики , vadim.shurygin

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Фракталы и многообразия" являются: ознакомление с основными понятиями и методами теории гладких многообразий и теории фракталов; теоретическая и практическая подготовка в области исследования геометрических объектов; овладение современным математическим аппаратом, применяемым в геометрических исследованиях, для дальнейшего использования в приложениях.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.01 Математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина "Фракталы и многообразия" входит в вариативную часть цикла профессиональных дисциплин. Для ее успешного изучения необходимы знания и умения, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин: аналитической геометрии, математического анализа, дифференциальной геометрии и топологии, линейной алгебры, абстрактной алгебры, а также навыки пользования математическим программным обеспечением (Maxima, Sage, Mathematica, Matlab и др.), издательской системой системой LaTeX.

Освоение дисциплины "Фракталы и многообразия" является основанием для успешного освоения дальнейших курсов вариативной части - римановой и метрической геометрии, стохастической динамики, групп Ли и расслоений; приобретенные знания будут полезны в научно-исследовательской работе.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к самостоятельной научно-исследовательской работе
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере, в экономике, бизнесе и гуманитарных областях знаний

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

определения и свойства основных объектов теории гладких многообразий и теории фракталов, формулировки наиболее важных утверждений, методы их доказательств, возможные сферы приложений.

2. должен уметь:

решать задачи вычислительного и теоретического характера в области теории гладких многообразий и фракталов, устанавливая взаимосвязи между понятиями, доказывать утверждения.

3. должен владеть:

методами решения различных задач теории гладких многообразий и теории фракталов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать определения и свойства основных объектов теории гладких многообразий и теории фракталов, формулировки наиболее важных утверждений, методы их доказательств, возможные сферы приложений.

2) Уметь решать задачи вычислительного и теоретического характера в области теории гладких многообразий и фракталов, устанавливая взаимосвязи между понятиями, доказывать утверждения.

3) Владеть методами решения различных задач теории гладких многообразий и теории фракталов.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет и экзамен в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Классические фракталы.	5	1-2	4	4	0	письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Множества и отображения.	5	2	2	2	0	письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Системы итерированных функций (СИФ).	5	3-4	4	4	0	творческое задание письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Размерность.	5	4	2	2	0	письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Хаотическая динамика.	5	5-6	4	4	0	творческое задание письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Хаос и фракталы.	5	6	2	2	0	творческое задание письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Комплексная динамика.	5	7-8	4	4	0	творческое задание письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Проблема Кэли.	5	8	2	2	0	творческое задание письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Случайные фракталы.	5	9-10	4	4	0	творческое задание письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Категория дифференцируемых многообразий.	5	10-11	4	4	0	устный опрос письменное домашнее задание
11.	Тема 11. Подмногообразия.	5	11-12	4	4	0	устный опрос письменное домашнее задание
12.	Тема 12. Компактное исчерпание. Паракомпактность.	5	13	4	4	0	письменное домашнее задание устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Распределения на многообразиях.	5	14-15	4	4	0	устный опрос письменное домашнее задание
14.	Тема 14. Многообразия с краем.	5	15-16	4	4	0	устный опрос письменное домашнее задание
15.	Тема 15. Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами.	5	17-18	6	6	0	контрольная работа письменное домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	экзамен зачет
	Итого			54	54	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Классические фракталы.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Классические фракталы. Самоподобие. L-системы.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Пыль Кантора. Кривые Пеано.

Тема 2. Множества и отображения.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Множества и отображения. Предварительные сведения из теории множеств. Метрические пространства.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Сжимающие отображения. Аффинные преобразования. Метрика Хаусдорфа.

Тема 3. Системы итерированных функций (СИФ).

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Системы итерированных функций (СИФ). Реализация СИФ.

практическое занятие (4 часа(ов)):

СИФ со сжатием. Коллажи.

Тема 4. Размерность.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Размерность. Размерность Минковского. Размерность подобия.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Размерность Хаусдорфа. Вычисление размерностей.

Тема 5. Хаотическая динамика.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Хаотическая динамика. Аттрактор Лоренца. Итерированные отображения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Универсальность Фейгенбаума. Периодичность Шарковского. Хаос.

Тема 6. Хаос и фракталы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Существенная зависимость. Символическая динамика. Хаос и фракталы.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Подъем. Затенение. Алгоритм рандомизированной СИФ.

Тема 7. Комплексная динамика.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Комплексная динамика. Множества Жюлиа.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Орбиты в множествах Жюлиа

Тема 8. Проблема Кэли.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Множество Мандельброта. Хаос и множества Жюлиа. Проблема Кэли.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Множество Мандельброта. Хаос и множества Жюлиа. Проблема Кэли.

Тема 9. Случайные фракталы.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Случайные фракталы. Случайные возмущения. Броуновское движение.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Срединное смещение. Фрактальное броуновское движение.

Тема 10. Категория дифференцируемых многообразий.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Категория дифференцируемых многообразий. Касательное и кокасательное расслоения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Расслоение линейных реперов. Связность в расслоении линейных реперов.

Тема 11. Подмногообразия.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Подмногообразие. Теорема о неявной функции. Теорема об обратной функции. Теорема о дифференцируемом отображении постоянного ранга. Прообраз регулярного значения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Прообраз подмногообразия при трансверсальном отображении. Теорема о существовании вложения компактного дифференцируемого многообразия в евклидово пространство.

Тема 12. Компактное исчерпание. Паракомпактность.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Компактное исчерпание. Паракомпактность. Разбиение единицы.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Разбиение единицы. Существование римановой метрики и линейной связности на гладком многообразии.

Тема 13. Распределения на многообразиях.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Распределения на многообразиях. Вполне интегрируемые распределения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Теорема Фробениуса.

Тема 14. Многообразия с краем.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Многообразия с краем. Интегрирование на многообразиях.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Теорема Стокса.

Тема 15. Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами. Многообразия Хопфа.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами. Алгебры многочленов и формальных степенных рядов и их факторалгебры. Подмногообразия в многообразиях над алгебрами.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Классические фракталы.	5	1-2	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
2.	Тема 2. Множества и отображения.	5	2	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	3	домашнее задание
3.	Тема 3. Системы итерированных функций (СИФ).	5	3-4	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание
4.	Тема 4. Размерность.	5	4	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	3	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Хаотическая динамика.	5	5-6	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание
6.	Тема 6. Хаос и фракталы.	5	6	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание
7.	Тема 7. Комплексная динамика.	5	7-8	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание
8.	Тема 8. Проблема Кэли.	5	8	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание
9.	Тема 9. Случайные фракталы.	5	9-10	подготовка домашнего задания	2	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к творческому заданию	2	творческое задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Категория дифференцируемых многообразий.	5	10-11	подготовка домашнего задания	4	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	устный опрос
11.	Тема 11. Подмногообразия.	5	11-12	подготовка домашнего задания	4	письменное домашнее задание
				подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	устный опрос
12.	Тема 12. Компактное исчерпание. Паракомпактность.	5	13	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	3	устный опрос
13.	Тема 13. Распределения на многообразиях.	5	14-15	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	3	устный опрос
14.	Тема 14. Многообразия с краем.	5	15-16	подготовка домашнего задания	3	письменное домашнее задание
				подготовка к устному опросу	3	устный опрос
15.	Тема 15. Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами.	5	17-18	подготовка домашнего задания	6	письменное домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
Итого					108	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

активные и интерактивные формы проведения занятий. Предусматривается использование компьютерного моделирования, как на практических занятиях, так и в самостоятельной работе. Ввиду сложной структуры изучаемого предмета также используется мультимедийный подход: лекция и практика могут иллюстрироваться рисунками, видеороликами, аудиозаписями, презентациями.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Классические фракталы.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

Тема 2. Множества и отображения.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

Тема 3. Системы итерированных функций (СИФ).

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы для построения ат-трактора СИФ.

Тема 4. Размерность.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

Тема 5. Хаотическая динамика.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы ил-люстрирующей траектории то-чек.

Тема 6. Хаос и фракталы.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы реал-изующей ал-горитм рандо-мизированной СИФ.

Тема 7. Комплексная динамика.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы для построения множества Жюлиа.

Тема 8. Проблема Кэли.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы для построения множества Мандельброта.

Тема 9. Случайные фракталы.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

творческое задание , примерные вопросы:

Написание компьютерной программы для моделирования фрактального броуновское движения.

Тема 10. Категория дифференцируемых многообразий.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

устный опрос , примерные вопросы:

опрос теоретического материала

Тема 11. Подмногообразия.

домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

устный опрос , примерные вопросы:

опрос теоретического материала

Тема 12. Компактное исчерпание. Паракомпактность.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

устный опрос , примерные вопросы:

опрос теоретического материала

Тема 13. Распределения на многообразиях.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

устный опрос , примерные вопросы:

опрос теоретического материала

Тема 14. Многообразия с краем.

письменное домашнее задание , примерные вопросы:

проверка домашнего задания

устный опрос , примерные вопросы:

опрос теоретического материала

Тема 15. Комплексные аналитические многообразия и многообразия над коммутативными ассоциативными унитарными алгебрами.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Показать, что множество матриц с единичным определителем является подмногообразием.
2. Пусть S - цилиндр с уравнением $x^2 + y^2 = 1$, M - его подмножество, заданное условием $|z| \leq 1$. Пусть $w = z \, dy \wedge dz - x \, dx \wedge dz - 3y^2 z \, dx \wedge dy$. Показать, что M - многообразие с краем и найти $\int_M i^* w$, где $i: M \rightarrow \mathbb{R}^3$ - вложение.

письменное домашнее задание, примерные вопросы:

проверка домашнего задания

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару, пишут компьютерные программы для построения фрактальных множеств.

Список творческих заданий.

Написание компьютерной программы для построения аттрактора СИФ.

Написание компьютерной программы иллюстрирующей траектории точек.

Написание компьютерной программы реализующей алгоритм рандомизированной СИФ.

Написание компьютерной программы для построения множества Жюлиа.

Написание компьютерной программы для построения множества Мандельброта.

Написание компьютерной программы для моделирования броуновское движения.

Пример контрольной работы в формате LaTeX.

1. Показать, что множество матриц с единичным определителем является подмногообразием.
2. Пусть S - цилиндр с уравнением $x^2 + y^2 = 1$, M - его подмножество, заданное условием $|z| \leq 1$. Пусть $w = z \, dy \wedge dz - x \, dx \wedge dz - 3y^2 z \, dx \wedge dy$. Показать, что M - многообразие с краем и найти $\int_M i^* w$, где $i: M \rightarrow \mathbb{R}^3$ - вложение.

Пример билета на зачет.

1. Размерность Хаусдорфа. Вычислить размерность Хаусдорфа данного множества.
2. Множества Жюлиа.

Пример билета на экзамен.

1. Теорема Фробениуса
2. Теорема Стокса. Применение к двумерному и трехмерному случаям.

7.1. Основная литература:

1. Сборник задач по тензорному анализу: методическое пособие / М. А. Малахальцев, В. Е. Фомин; Казан. гос. ун-т. - Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2008. - 91 с.
2. Курс дифференциальной геометрии и топологии: учебник / А. С. Мищенко, А. Т. Фоменко. - Изд. 3-е, перераб. и доп.. - Санкт-Петербург: Лань, 2010. - 502 с.
3. Мищенко А.С. Курс дифференциальной геометрии и топологии: учебник / А. С. Мищенко, А. Т. Фоменко. - Изд. 3-е, перераб. и доп.. - Санкт-Петербург: Лань, 2010. - 512 с.: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=617
4. Игудесман К.Б. Фрактальная геометрия [Текст: электронный ресурс] / Игудесман Константин Борисович; Казан. гос. ун-т. - Электронные данные (1 файл: 3,53 Мб). - Б.м.: Б.и., 2010. - Загл. с экрана. - Режим доступа: открытый .?
5. Гумеров Р.Н. Элементы общей топологии, Учебное пособие. - Казань: Изд-во КГУ, 2007. - 90 с. http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_33_2007_000029.pdf.

7.2. Дополнительная литература:

1. Просто фрактал / Сергей Деменок. - Санкт-Петербург: Страта, 2012. - 163, [3] с.
2. Примаков, Д. А. Геометрия и топология [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. А. Примаков, Р. Я. Хамидуллин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МФПА, 2011. - 272 с.
<http://znanium.com/bookread.php?book=451172>
2. Конспект лекций по математическому анализу. Издание пятое./А.Н.Шерстнев.-Казань: КГУ, 2009.- 374с.http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_33_2009_000165.pdf.
4. Фомин В.Е. Дифференциальная геометрия банаховых многообразий. : Дифференциальное исчисление. Многообразия. Линейная связность. : Учебное пособие .? Казань : КГУ, 1983 .? 80с
5. Трошин П.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ В СРЕДЕ MAXIMA часть I - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. - 67 с.
<http://kpfu.ru/math/elektronnye-resursy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy>
6. Трошин П.И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛОВ В СРЕДЕ MAXIMA часть II - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. - 67с:<http://kpfu.ru/math/elektronnye-resursy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy/uchebnye-i-metodicheskie-materialy>

7.3. Интернет-ресурсы:

- Fractal foundation - <http://fractalfoundation.org/>
Fractal Geometry - <http://classes.yale.edu/fractals/>
Издательская система LaTeX - <http://miktex.org/>
Курс дифференциальной геометрии и топологии - http://lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=43&pl1_id=605
Пакет математических вычислений Maxima - <http://maxima.sourceforge.net/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Фракталы и многообразия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий. - проектор, экран и ноутбук с установленным математическим программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.01 "Математика" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Игудесман К.Б. _____

Шурыгин В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

"__" _____ 201__ г.