

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»


ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

 Е.И. Скафа
апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Фракталы, физика подобия

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А.Фоменко



Программа учебной дисциплины «Фракталы, физика подобия» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Доцент кафедры

теоретической физики и нанотехнологий

В.И. Фиохи́н

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.

Заведующий кафедрой

В.Н.Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета

В.Н.Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Фракталы, физика подобия» является дисциплиной вариативной части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Механика и молекулярная физика», «Теоретическая механика», «Методы матфизики», «Дифференциальные уравнения», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Тензорный анализ», «Физика атома и атомного ядра» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	3
Год подготовки	4	4
Семестр	7	
Количество часов	108	108
- лекционных	32	6
- практических, семинарских	32	6
- лабораторных		
- самостоятельной работы	44	96
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	12
в т.ч. аудиторных	4	12

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель - ознакомление студентов с фрактальной философией и способами математического моделирования на основе фрактального анализа.

Задачи:

- ознакомление студентов с фрактальной философией;
- рассмотрение основных способов применения фрактального анализа в математическом моделировании
- ознакомление студентов основной характеристикой фракталов - фрактальной размерностью и способами ее определения;

- дать понятие об основных способах математического моделирования на основе фрактального анализа
- дать понятие фрактальных временных рядов, способов определения их фрактальной размерности и предсказания их динамик методами фрактального анализа.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Фракталы, физика подобия» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

а) общекультурных (ОК):

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
 способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

б) общепрофессиональных (ОПК):

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

Знать:

- основные методы мультифрактального моделирования сложных систем.
- в достаточном объеме сведения об изучаемом объекте.
- общие закономерности исследуемых процессов

Уметь:

- корректно формулировать условие задач по теории фракталов.
- получать конкретные результаты по исследуемым процессам.
- строить математические модели изучаемых явлений и излагать результаты изучаемых явлений в виде докладов, статей.
- применять теорию и методы теории фракталов для исследования социальноэкономических и природных систем

Владеть:

- математическим аппаратом математической теории фракталов.
- значительными навыками постановки различных задач, связанных с теорией фракталов.
- основным материалом, лежащим в основе доказательства утверждений теории фракталов

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	<i>Содержательный модуль 1 «Введение в теорию фракталов»</i>
Тема 1. Введение в теорию фракталов	1.1. Что такое фракталы? 1.2. Предыстория
Тема 2. Классические фракталы	2.1. Самоподобие 2.2. L-системы 2.3. Пыль Кантора 2.4. Кривые Пеано
Тема 3. Множества и отображения	3.1. Предварительные сведения из теории множеств 3.2. Метрические пространства 3.3. Сжимающие отображения 3.4. Аффинные преобразования 3.5. Метрика Хаусдорфа
Тема 4. Системы итерированных функций	4.1. Системы итерированных функций 4.2. Реализация СИФ 4.3. СИФ со сгущением 4.4. Коллажи
	<i>Содержательный модуль 2 «Дополнительные сведения из фрактального анализа»</i>
Тема 5. Размерность	5.1. Размерность Минковского 5.2. Вычисление размерности
Тема 6. Случайные фракталы	6.1. Случайные возмущения 6.2. Броуновское движение 6.3. Срединное смещение 6.4. Фрактальное броуновское движение 6.5. Срединное смещение и ФБД 6.6. Фурье-анализ ФБД 6.7. Фильтрация Фурье
Тема 7. Дополнительные сведения из анализа	7.1. Полнота и компактность 7.2. Непрерывные отображения 7.3. Метрика Хаусдорфа II 7.4. Топологическая размерность 7.5. Размерность Хаусдорфа 7.6. Быстрое преобразование Фурье
Тема 8. Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре	8.1. Теория ренормализации 8.2. Фракталы Пуанкаре

Тематический план

Содержательный модуль 1 «Введение в теорию фракталов»												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение в теорию фракталов	13	4	4		5		12	2			10	
Тема 2. Классические фракталы	13	4	4		5		12	2			10	
Тема 3. Множества и отображения	14	4	4		6		14		2		12	
Тема 4. Системы итерированных функций	14	4	4		6		16		2		14	
Итого по содержательному модулю 1	54	16	16		22		54	4	4		46	

Тематический план

Содержательный модуль 1 «Дополнительные сведения из фрактального анализа»												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 5. Размерность	13	4	4		5		13	1			12	
Тема 6. Случайные фракталы	13	4	4		5		13	1			12	
Тема 7. Дополнительные сведения из анализа	14	4	4		6		14		1		13	
Тема 8. Теория	14	4	4		6		14		1		13	

ренормализации и фракталы Пуанкаре												
Итого по дисциплине	54	16	16		22		54	2	2		50	
Всего по модулю	108	32	32		44		108	6	6		96	

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Введение в теорию фракталов	4
2	Классические фракталы	4
3	Множества и отображения	4
4	Системы итерированных функций	4
5	Размерность	4
6	Случайные фракталы	4
7	Дополнительные сведения из анализа	4
8	Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре	4
	ВСЕГО	32

Темы практических занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Введение в теорию фракталов	4
2	Классические фракталы	4
3	Множества и отображения	4
4	Системы итерированных функций	4
5	Размерность	4
6	Случайные фракталы	4
7	Дополнительные сведения из анализа	4
8	Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре	4
	ВСЕГО	32

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Скейлинг или масштабная инвариантность. Топологическая и фрактальная размерности	5

2	Самоафинность. Алгоритмы построения регулярных или геометрических фракталов. Салфетка Серпинского	5
3	Кривая Коха. Расчет фрактальной размерности регулярного фрактала. Кривая Леви	6
4	Уравнения Ланжевена. Гауссовы процессы. Белый гауссовский шум. Пуассоновский процесс	6
5	Дробовой белый шум. Цветной шум: процесс Орнштейна-Уленбека. Цветной шум: марковский дихотомический или случайный телеграфный процесс.	5
6	Розовый шум. Самоподобные тенденции на фондовой бирже (коричневый шум). Черные шумы и разливы Нила. Угроза глобального потепления (черный шум).	5
7	Дробное интегрирование – современный инструмент математического анализа. Фрактальный метод нормированного размаха Херста (R/S-анализ).	6
8	Алгоритм Хигучи. Алгоритм Грасберга – Прокачиа.	6
	ВСЕГО	44

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено рабочим планом)*

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Классические фракталы. Самоподобие
2. Классические фракталы. L-системы
3. Классические фракталы. Пыль Кантора
4. Классические фракталы. Кривые Пеано
5. Множества и отображения
6. Предварительные сведения из теории множеств
7. Метрические пространства
8. Сжимающие отображения
9. Аффинные преобразования
10. Метрика Хаусдорфа
11. Системы итерированных функций. Системы итерированных функций
12. Системы итерированных функций. Реализация СИФ
13. Системы итерированных функций. СИФ со сгущением
14. Системы итерированных функций. Коллажи
15. Системы итерированных функций. Размерность Минковского
16. Системы итерированных функций. Вычисление размерности
17. Аттрактор Лоренца
18. Итерированные отображения
19. Универсальность Фейгенбаума
20. Периодичность Шарковского
21. Случайные фракталы.
22. Случайные фракталы. Случайные возмущения
23. Случайные фракталы. Броуновское движение
24. Случайные фракталы. Срединное смещение
25. Случайные фракталы. Фрактальное броуновское движение
26. Случайные фракталы. Срединное смещение и ФБД
27. Случайные фракталы. Фурье-анализ ФБД

28. Случайные фракталы. Фильтрация Фурье
29. Непрерывные отображения
30. Метрика Хаусдорфа II
31. Топологическая размерность
32. Размерность Хаусдорфа
33. Быстрое преобразование Фурье
34. Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль: _____

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **7**

Учебная дисциплина **Фракталы, физика подобия**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

- 1.** Аттрактор Лоренца.
- 2.** Случайные фракталы. Случайные возмущения
- 3.** Метрика Хаусдорфа II

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
Преподаватель _____

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к экзамену

1. Классификация идеальных фракталов
2. Фрактальная размерность, другие виды размерностей.
3. Случайные фракталы.
4. Модель диэлектрической релаксации пористой среды.

5. Обобщения оператора интегрирования на дробные показатели. Представление Капуто и Римана-Лиувилля для операторов дифференцирования.
6. Модификация основных уравнений матфизики (диффузия, волновое уравнение)
7. Модель дробного осциллятора, и модель сверхмедленной релаксации и их решения в терминах функции Миттаг-Леффлера
8. Физический и геометрический смысл операции дробного интегрирования.
9. Механическая и диэлектрическая релаксации, самоподобные цепи, понятие реинда и рекапа.
10. Расщепление уравнения диффузии (метод Бабенко)
11. Процессы с памятью, уравнения Ньютона с памятью, нелокальные законы сохранения.

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль: _____

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **7**

Учебная дисциплина **Фракталы, физика подобия**

БИЛЕТ №1

1. Фрактальная размерность, другие виды размерностей.
2. Обобщения оператора интегрирования на дробные показатели.
3. Механическая и диэлектрическая релаксации.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Экзаменатор _____

Критерии оценивания экзамена

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Фракталы, физика подобия» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины*

Организационно учебная работа	СРС		Всего
	Индивидуальная	Модульный контроль	

студента	работа		
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Фракталы, физика подобия» проводятся в учебной лаборатории №016 «Физика полупроводников». Лаборатория оснащена комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, флوماстерной доской, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной, 1Вакуумный универсальный пост -2К, 1 Форвакуумный насос, 1 Спектрометр СМ - 4А. В учебной лаборатории «Электронной микроскопии» №313, оборудованной комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 ноутбук с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 Электронный микроскоп вакуумный-100ЛМ, 1 Микроскоп металлографический-7, 1 Вакуумметр ионизационно-термопарный-2АП, 1Вакуумный универсальный пост-4.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале справочно-библиографической информационной работы (ауд. № 102: г. Донецк, пр. Гурова, 6), помещение оснащено комплектом учебной мебели на 23 посадочных места, компьютер в комплекте (1 шт); в зале электронной информации (Донецк, пр. Гурова, 6, № 104-а.). Помещение оснащено комплектом учебной мебели на 40 посадочных мест, компьютер в комплекте (6 шт);

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке	Наличие электронной версии в
-------	--------------	---------------------------------	------------------------------

		ДонНУ	ЭБС
Основная литература			
1.	Федер, Енс. Фракталы / Е. Федер ; Пер. с англ. Ю. А. Данилова, А. Шукурова. - М. : Мир, 1991. - 260 с.	4	
2.	Терехов, С. В. Фракталы и физика подобия / С. В. Терехов. - Донецк : [Цифровая типография], 2011. - 255 с.		+
3.	Кроновер, Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах : Основы теории / Ричард М. Кроновер ; Пер. с англ. Т.Э. Кренкеля, А.Л. Соловейчика под ред. Т.Э. Кренкеля. - М. : Постмаркет, 2000. - 350 с.	1	
4.	Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф [Текст] : в 2 кн. : пер. с англ. Кн. 1 / Р. Гилмор ; пер. с англ. под ред. Ю. П. Гупало, А. А. Пионтковского. - Москва : Мир, 1984. - 352 с.	6	
Дополнительная литература			
5.	Гилмор, Р. Прикладная теория катастроф [Текст] : в 2 кн. : пер. с англ. Кн. 2 / Р. Гилмор ; пер. с англ. под ред. Ю. П. Гупало, А. А. Пионтковского. - Москва : Мир, 1984. - 288 с.	6	
6.	Дарахвелидзе, П. Г. Программирование в Delphi 7 / Петр Дарахвелидзе, Евгений Марков. - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 781 с. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).	7	
7.	Новейший справочник необходимых знаний / [сост. А.П. Кондрашов, Ю.В. Стреналюк]. - 2-е изд. - М. : РИПОЛ классик, 2006. - 764 с.	1	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____