

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФРАКТАЛЫ, ФИЗИКА ПОДОБИЯ

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Фракталы, физика подобия»** для обучающихся по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 968 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры теоретической физики и
нанотехнологий,
канд. физ.-мат. наук

В. И. Фиохин

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, проф.
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Механика и молекулярная физика, Физика твердого тела.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Статистическая физика и термодинамика, Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.03.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.2.2 Фракталы, физика подобия
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	3 / 108

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	4	7	26	-	26	56	108	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение групповых свойств физических структур и динамики частиц и полей и методов теории групп, используемых при их исследовании, знакомство с основными достижениями теории конденсированного состояния и элементарных частиц, достигнутых с применением этих методов.

**4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ
И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-1. Способен апробировать новые методики с согласованием полученных результатов с результатами стандартных методик	ПК-1.15. Анализирует возможные подходы к решению задач профессиональной деятельности, оценивает их эффективность и соответствие поставленным целям.	ПК-1.15.1. Знает основные положения теории групп, теорию представлений групп, группы перестановок, теорию кристаллографических групп, групп Лоренца и Пуанкаре. ПК-1.15.2. Умеет решать задачи, связанные со структурированием группы: находить подгруппы, делить на классы сопряженных элементов, искать инвариантную подгруппу и фактор-группу. ПК-1.15.3. Владеет методами разбиения групп на классы и классы сопряженных элементов, методами приведения матриц к эквивалентным представлениям в разных базисах, разложения матриц приводимых представлений в прямую сумму неприводимых.
	ПК-1.16. Применяет эффективные методы решения задач профессиональной деятельности.	ПК-1.16.1. Знает методы приведения матриц к эквивалентным представлениям в разных базисах, разложения матриц приводимых представлений в прямую сумму неприводимых. ПК-1.16.2. Умеет решать задачи о расщеплении вырожденных уровней в теории возмущений и о нахождении правил отбора матричных элементов квантово-механических операторов ПК-1.16.3. Владеет методами классификации вырожденных уровней, методами расщепления уровней при понижении симметрии гамильтониана, методами получения правил отбора

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Введение в теорию фракталов	
Введение в теорию фракталов	Что такое фракталы? Предыстория
Классические фракталы	Самоподобие. L-системы. Пыль Кантора. Кривые Пеано
Множества и отображения	Предварительные сведения из теории множеств. Метрические пространства. Сжимающие отображения. Аффинные преобразования. Метрика Хаусдорфа
Системы итерированных функций	Системы итерированных функций. Реализация СИФ. СИФ со сгущением. Коллажи
Раздел 2. Дополнительные сведения из фрактального анализа	
Размерность	Размерность Минковского. Вычисление размерности

Случайные фракталы	Случайные возмущения. Броуновское движение. Срединное смещение. Фрактальное броуновское движение. Срединное смещение и ФБД. Фурье-анализ ФБД. Фильтрация Фурье
Дополнительные сведения из анализа	Полнота и компактность. Непрерывные отображения. Метрика Хаусдорфа II. Топологическая размерность. Размерность Хаусдорфа. Быстрое преобразование Фурье
Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре	Теория ренормализации. Фракталы Пуанкаре

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 7

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Введение в теорию фракталов	14		14	28	56
Введение в теорию фракталов	2		2	7	11
Классические фракталы	4		4	7	15
Множества и отображения	4		4	7	15
Системы итерированных функций	4		4	7	15
Раздел 2. Дополнительные сведения из фрактального анализа	12		12	28	52
Размерность	2		3	7	12
Случайные фракталы	2		3	7	12
Дополнительные сведения из анализа	4		3	7	14
Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре	4		3	7	14
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	26	–	26	56	108

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

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

Раздел 2

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

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

- Введение в теорию фракталов
- Классические фракталы
- Множества и отображения
- Системы итерированных функций
- Размерность
- Случайные фракталы
- Дополнительные сведения из анализа
- Теория ренормализации и фракталы Пуанкаре

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета Донецкий государственный университет

Физико-технический факультет

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы
Профиль подготовки	Наноматериалы
Форма обучения	Очная
Семестр	Седьмой
Дисциплина	Фракталы, физика подобия

Экзаменационный 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 _____ 202_ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 7

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено

70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий(ауд.256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Федер, Енс. Фракталы / Е. Федер ; Пер. с англ. Ю. А. Данилова, А. Шукурова. - М. : Мир, 1991. - 260 с.
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.
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.

10.2. Дополнительная литература

1. 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.
2. Дарахвелидзе, П. Г. Программирование в Delphi 7 / Петр Дарахвелидзе, Евгений Марков. - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. - 781 с. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Новейший справочник необходимых знаний / [сост. А.П. Кондрашов, Ю.В. Стреналюк]. - 2-е изд. - М. : РИПОЛ классик, 2006. - 764 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения:

31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека «**КиберЛенинка**»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «**Лань**»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт**: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).