

*Приложение к приказу первого проректора
по учебной и научной работе*

от _____ № _____

Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Структура систем с развитой поверхностью
Structure of Fractal Systems

Язык(и) обучения

Русский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2016

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Передать студентам общее представление о системах с масштабной инвариантностью, обладающих развитой поверхностью. Показать особенности данной симметрии на различных объектах с применением понятия фрактальной размерности. Ознакомить с основными определениями в теории фракталов и способами нахождения на практике фрактальной размерности. Научить интерпретировать кривые малоуглового рассеяния на фрактальных объектах, в том числе и на многоуровневых иерархических системах, с использованием современного программного обеспечения. Научить использовать полученные навыки при подготовке магистерской диссертации и в профессиональной деятельности.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения программы дисциплины «Структура систем с развитой поверхностью» студентам необходимо прослушать курсы лекций по общей физике и теоретической физике в рамках образования бакалавра.

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

В результате освоения дисциплины студенты должны:

- знать основные понятия и общие положения теории фракталов;
- уметь определять и анализировать характеристики модельных и реальных фрактальных объектов;
- уметь интерпретировать кривые малоуглового рассеяния на фрактальных объектах, в том числе на многоуровневых системах;
- знать современную проблематику в структурных исследованиях фракталов.

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

- Семинар – коллективное обсуждение заранее подготовленных сообщений (10 часа).
- Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов) (20 часов).
- Практическое занятие в форме расчетов и построения моделей с использованием специализированных программных сред (30 часов).

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся				
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем	Самостоятельная работа	Всего занятый	Трудоёмкость

		лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)			
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																				
очная форма обучения																				
Семестр 3 (____ часы кол. студ.)		30	1							1			30	15		4				
		2-10	2-10							2-10			2-10	2-10		2-10			62	3
ИТОГО		30	1							1			30	15		4			62	3

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 3		зачет	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 3**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ 1.1. Определение фрактала. Самоподобие. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Размерность подобия. Корреляционная функция. 1.2. Самоафинность. Локальная и глобальная фрактальные размерности. 1.3. Фрактальные поверхности. Размерность поверхностных неоднородностей.	семинары	2
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	2

2	СПОСОБЫ НАХОЖДЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ 2.1. Клеточная размерность. Соотношение масса-радиус. Лакуарность. Анализ корреляционной функции. 2.2. Анализ структуры фракталов в обратном пространстве. Малоугловое рассеяние.	семинары	2
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
3	МОДЕЛЬНЫЕ МАССОВЫЕ ФРАКТАЛЫ 3.1. Детерминированные фракталы 3.2. Стохастические фракталы	семинары	4
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
4	ФРАКТАЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ 4.1. Способы задания фрактальной поверхности. Ряд Фурье. Поверхность случайного переноса. Броуновская поверхность	семинары	2
5	СПОСОБЫ НАХОЖДЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ФРАКТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 5.1. Пиксельное объединение. Обкатывание. Соотношение площадь-объем. Метод сечений. 5.2. Малоугловое рассеяние.	семинары	4
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	6
6	МАЛОУГЛОВОЕ РАССЕЯНИЕ НА МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ 6.1. Наносистемы с иерархической структурой. 6.2. Универсальное экспоненциально-степенное приближение и его вариации.	семинары	4
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	6
7	ПОЛИМЕРЫ КАК ФРАКТАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ	семинары	2
		Самостоятельная работа в присутствии преподавателя	4
8	ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ В ОПИСАНИИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ. КРИТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ. КЛАСТЕРЫ. ПЕРКОЛЯЦИЯ	семинары	2
9	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ КЛАСТЕРОВ МЕТОДАМИ РАССЕЯНИЯ СИ И НЕЙТРОНОВ	семинары	8
10	СОВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМАТИКА В СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ФРАКТАЛОВ	семинары	2

<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация фракталов. Вычисление фрактальных размерностей детерминированных фракталов. 2. Расчет модельных кривых рассеяния малоуглового рассеяния на детерминированных и стохастических фракталах. 3. Интерпретация кривых малоуглового рассеяния синхротронного излучения и нейтронов на практических фрактальных системах 4. Теория фазовых переходов. Теория нуклеации. 	<p>Самостоятельная работа с использованием методических материалов</p>	<p>15</p>
--	--	-----------

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Семинарские занятия проводятся в виде интерактивных лекций с подготовленными слайдовыми презентациями.

Студенты обеспечиваются ксеркопиями рисунков и других фрагментов курса лекций

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Для самостоятельной работы студенты должны обеспечиваться:

- перечнем заданий для самостоятельной работы;
- методическими указаниями для использования программных продуктов при выполнении заданий.

Примеры задач:

Фрактальная размерность.

1. Определить размерность подобия для заданных «затравок» роста детерминированных фракталов.
2. Проанализировать заданную функцию профиля поверхности (прилагается) с помощью R/S анализа. Определить показатель Херста и фрактальную размерность.
3. Сравнить значения удельной площади фрактальной поверхности, полученных путем анализа адсорбции различных газов (H_2 , CO , CO_2 , HCl , H_2S , NH_3 , Cl_2 , SO_2), при $D_s = 2.1, 2.3, 2.5, 2.7$.

Экспериментальные аспекты структурных исследований фрактальных систем.

4. Оценить объемную долю частиц, образующих гелеобразную перколяционную сетку в пространстве с несколькими структурными уровнями. Для каждого уровня задается размер Куна, размер кластера, фрактальная размерность и эффективная плотность упаковки (лакуарность) структурных единиц в кластере.

Моделирование малоуглового рассеяния на детерминистических фракталах.

5. Рассчитать кривую изотропного рассеяния для модельной множества точек, задающих кривую Кох
 - 5.1. Задать координаты точек на плоскости по заданному алгоритму
 - 5.2. Оценить фрактальную размерность множества различными способами;
 - 5.3. Рассчитать функцию распределения парных расстояний для предфрактала и определить фрактальную размерность из соответствующей асимптотики;
 - 5.4. Рассчитать закон рассеяния и провести усреднение по ориентациям кривых в пространстве
 - 5.5. Определить размерность из соответствующей асимптотики
 - 5.6. Исследовать систематическое отклонение фрактальной размерности, полученной из кривой рассеяния, от расчетной в зависимости от номера поколения кривой Кох.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Постоянный контроль навыков решения задач осуществляется в форме домашних, осуществляемых в учебной группе. Варианты для контрольных работ составляются из задач, предлагаемых студентам для самостоятельного решения и разбора на семинарских занятиях.

Текущий контроль – письменный опрос на занятиях под руководством преподавателя. Письменный опрос проводится в начале занятий в течение 10–15 минут по вопросам из пройденного материала с целью определения проблемных вопросов, тем и разделов курса, а также степени освоения курса студентами.

Промежуточный контроль – зачет в конце курса.

Зачет проводится в устной форме.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, на каждый из которых студент должен привести развернутый конспект с планом ответа, необходимыми определениями, иллюстрациями, формулами и зависимостями. В устной форме студент, пользуясь конспектом, должен связно и исчерпывающе изложить содержание ответа.

В ходе ответа преподавателем могут быть заданы студенту уточняющие вопросы по билету. На подготовку конспекта ответа по билету отводится не более 1 часа, на обдумывание ответа на дополнительные вопросы не более 10 минут на каждый. В общей сложности ответ студента не должен превышать 40 минут без учета времени на обдумывание дополнительных вопросов.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Оценка "отлично" выставляется за грамотный, исчерпывающий ответ на два основных и дополнительные вопросы. За время ответа студент должен показать свободное владение материалом, изложенным на занятиях и полученным из дополнительных источников, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "хорошо" выставляется за грамотный ответ на два основных и один из дополнительных вопросов. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей, проявить способность к самостоятельному анализу физических явлений.

Оценка "удовлетворительно" выставляется за полный ответ на два основных или один основной и два дополнительных вопроса. За время ответа студент должен показать владение материалом, изложенным на занятиях, понимание физического смысла и границ применимости законов и зависимостей.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется за ответ, не отвечающий выше перечисленным критериям.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации студентов.

1. Определение фрактала. Самоподобие. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Размерность подобия. Корреляционная функция.
2. Самоаффинность. Локальная и глобальная фрактальные размерности.
3. Фрактальные поверхности. Размерность поверхностных неоднородностей.
4. Клеточная размерность. Соотношение масса-радиус. Лакунарность. Анализ корреляционной функции.
5. Малоугловое рассеяние. Основные принципы. Форм-фактор и структурный фактор рассеяния. Структурный фактор фрактала.

6. Детерминированные и стохастические фракталы.
7. Способы задания фрактальной поверхности. Ряд Фурье. Поверхность случайного переноса. Броуновская поверхность
8. Способы нахождения размерности фрактальной поверхности. Пиксельное объединение. Обкатывание. Соотношение площадь-объем. Метод сечений. Малоугловое рассеяние.
9. Малоугловое рассеяние на многоуровневых системах. Наносистемы с иерархической структурой. Универсальное экспоненциально-степенное приближение и его вариации.
10. Применение фрактального подхода в полимерных растворах и расплавах. Модели полимеров. Показатель Флори. Линейные и разветвленные полимеры.
11. Теория критических индексов в физике фазовых переходов. Кластеры и перколяция. Малоугловое рассеяние синхротронного излучения и тепловых нейтронов на кластерах.
12. Классификация фракталов. Вычисление фрактальных размерностей детерминированных фракталов.
13. Расчет модельных кривых рассеяния малоуглового рассеяния на детерминированных и стохастических фракталах.
14. Интерпретация кривых малоуглового рассеяния синхротронного излучения и нейтронов на практических фрактальных системах
15. Теория фазовых переходов. Теория нуклеации.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета-отзыв на дисциплину «Структура систем с развитой поверхностью»

Просим Вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (**обведите** выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

2. Насколько Вы удовлетворены общим стилем преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

3. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий _____

4. Какой из модулей (разделов) дисциплины Вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?

Комментарий _____

5. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

Комментарий _____

СПАСИБО!

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень и/или ученое звание, имеющие опыт планирования и организации учебного процесса, а также главные и ведущие специалисты в этой области.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Требования не предъявляются

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, интерактивная доска др. оборудование или компьютерный класс.

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

Для проведения занятия необходимы: видеопроектор, ноутбук, переносной экран. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint и др. (допустима версия MS Office 2003).

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Pentium III-800/ОЗУ-256 Мб / Video-32 Мб / Sound card – 16bit /Headphones / HDD 80 Гб / CD-ROM – 48x / Network adapter – 10/100/ Мбс / SVGA – 19”

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Каждый обучающийся во время занятий и самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет и корпоративную сеть факультета.

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки.

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы : Пер. с англ. /; пер. А. Р. Логунов ; ред. А. Д. Морозов. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" : Ижевский ин-т компьютерных исслед., 2010. - 654 с.
2. Основы физики частично упорядоченных сред: жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты / М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; пер. Е. Б. Логинов, Б. И. Островский, Б. В. Петухов, В. А. Чижиков; ред. пер. С. А. Пикин, В. Е. Дмитриенко. - М. : Физматлит, 2007. - 679 с
3. Суздаев И.П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. — М.: КомКнига, 2006. — 592 с.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 2005. 416 с

5. Введение в теорию фракталов : монография / А.Д.Морозов. - 2-е изд., доп. - М. ; Ижевск : Ин-т компьютерных исслед., 2004. - 160 с.
6. Федер Е. Фракталы. М.: Мир. 1991
7. Свєргун Д.И., Фейгин Л.А., Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние, М.: Наука, 1986.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. The Fractal Approach to Heterogeneous Chemistry / Ed. Avnir D. Great Britain: John Wiley & Sons. 1989. P.407.
2. Fractals in Physics / Eds. Pietronero L., Tosatti E. Amsterdam: North Holland. 1986.
3. Де Жен П. Идеи скейлинга в физике полимеров. М.: Мир. 1982
4. Brumberger, H. (Ed.), Modern aspects of small-angle scattering., Kluwer Acad. Publishers: Dordrecht, 1995.
5. Хаос, солитоны, фракталы М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2005.
6. Регулярная и хаотическая динамика М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2003.
7. Ма Ш. Современная теория критических явлений. М.: Мир. 1980.
8. Stanley H.E. Introduction to Phase Transition and Critical Phenomena. Oxford: Oxford University Press. 1972.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Не предусмотрено

Раздел 4. Разработчики программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Авдеев Михаил Васильевич	д.ф.-м.н.	-	профессор	m.avdeev@spbu.ru +8-915-2303846