

Фрактальные структуры в звёздной динамике

Лектор: ведущий программист, Осташова Мария Леонидовна (отдел Изучения Галактики и переменных звезд)

Код курса:	
Статус:	По выбору
Аудитория:	Специальный
Семестр:	11
Трудоёмкость:	2 з.е.
Лекций:	36 часов
Семинаров:	
Практ. занятий:	
Отчётность:	Экзамен
Начальные компетенции:	С-ОНК-1, С-ОНК-4, С-ОНК-5, С-ОНК-6
Приобретаемые компетенции:	С-СК-3, С-ИК-3, С-ПК-1, С-ПК-2, С-ПК-4

Аннотация курса

В данном лекционном курсе излагаются методы и результаты исследований строения, динамики и эволюции фрактальных структур. Даются базовые представления о видах фракталов, фрактальной, информационной и корреляционной размерностях. Строятся модели простейших звёздных систем, опирающиеся на фрактальный анализ. В курсе широко используются методы звёздной динамики: студенты знакомятся с диссипативными системами и с геометрией странных аттракторов. Выводится обобщенное распределение Хольцмарка для фрактального распределения звезд. Рассматривается влияние закона Вокулера на звёздные системы. Слушатели знакомятся с кинетическими эффектами в проблеме устойчивости сферических гравитирующих систем.

Образовательные технологии

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Предлагаемый курс входит в число спецкурсов, составляющих теоретическую основу специализаций “астрофизика”, “звёздная астрономия” и “небесная механика”, он служит базой для астрономических направлений, изучающих строение, кинематику и динамическую эволюцию звёздных группировок, скоплений и галактик (галактическая и внегалактическая астрономия).

Дисциплины и практики, для которых освоение данного курса необходимо как предшествующего

Научно-исследовательская работа по дисциплинам специализаций “астрофизика”, “звёздная астрономия” и “небесная механика”.

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. О.В.Чумак. Энтропии и фракталы в анализе данных. М.-Ижевск:НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011.
2. Е.Федер. Фракталы. М.:Мир, 1991.
3. Б.Мандельброт. Фрактальная геометрия природы. М.-Ижевск:НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
4. Ф.Мун. Хаотические колебания. М.: Мир, 1990.
5. А. Лихтенберг. М. Либерман. Регулярная и стохастическая динамика. М.:Мир, 1984.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

1. Чумак О.В., Расторгуев А.С., 2016, Письма в Астрон.ж. «Фрактальные свойства звездных систем и случайные силы», 42, 346.
2. Чумак О.В., Расторгуев А.С., 2014, Письма в Астрон.ж.

«Кинетические эффекты в сферических гравитирующих системах», 40, 517.

3. O.V. Chumak, A.S. Rastorguev, 2017, MNRAS “Kinetic properties of fractal stellar media”, 464, 2777.

4. Расторгуев А.С., Уткин Н.Д., Чумак О.В., 2017, Письма в Астрон.ж. «Эффекты кратности звездных сближений и коэффициенты диффузии в локально-однородной трехмерной звездной среде: устранение классической расходимости», 43, 1.

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки – качество решения элементарных задач, требующих усвоения знаний прочитанной части курса.

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, а также уровень подготовки к лекциям и степень освоения материала прочитанной части курса.

Программа курса (по неделям освоения)

Лекция 1. Понятие фрактальной размерности. Краткий исторический обзор предшествующих объектов исследования: парадокс Лебега, производные Гельдера, функция Вейерштрасса - Мандельброта. Классификация фракталов.

Лекция 2. Природные фракталы. Бокс алгоритм. Скейлинг. Соотношения «масса - радиус», «периметр-площадь», «площадь-объем». Информационная размерность. Корреляционная размерность.

Лекции 3 - 4. Пыль Кантора. Троичный гребень и брикет. Кольца Сатурна. Канторовы завесы. Диссипативные системы. Понятие аттрактора. Геометрия странных аттракторов. Гипотеза о связи между фрактальной размерностью и показателями Ляпунова.

Лекция 5. Фигуры Коха (дуги, полупрямые, снежинки, озера, острова). Понятие самоподобия. Движение Коха. Кривые Пеано. Движение Пеано и пертайлинг.

Лекции 6 - 7. Мультифракталы. Спектр размерностей Реньи. Расчет мультифрактальных спектров размерностей. Функция Кантора, или Чертова Лестница. Биномиальный мультипликативный процесс. Фрактальные подмножества. Показатель Липшица – Гельдера.

Лекция 8. Методы расчета мультифрактальных размерностей временных рядов. Элементы R/S – анализа. Эмпирический закон Херста. Оценка показателя Херста. Алгоритм Хичуги. Алгоритм Грассбергера – Прокачча.

Лекция 9. Ветвление и фрактальные решетки. Фрактальные размерности сечений. Разветвленные фракталы. Степень ветвления кривой. Практические применения и альтернативная форма ветвления.

Лекция 10. Случайное блуждание и фракталы. Обобщенное броуновское движение. Броуновские фракталы: функция и след. Фрактальные размерности сечений. Прямые, «безрешеточные» определения броуновского движения.

Лекция 11. Самоподобие и самоаффинность. Самоинверсные фракталы. Геометрическая инверсия. Аполлониевы сети и салфетки. Построение Пуанкаре для множества L . Понятие о фрактальной оскуляции. Построение Мандельброта.

Лекции 12 – 13. Понятие субординации. Линейная пыль Леви. Упорядоченные скопления галактик. Лунные кратеры и круговые тремы. Галактики и межгалактические пустоты, построенные с помощью сферических трем. Метеориты. «Перистые» нити галактик. Лакунарность.

Лекция 14. Фрактальные свойства звездных систем. Закон Вокулера. Асимптотика закона распределения модуля случайной силы во фрактальной среде в приближении ближайшего соседа. Оценка эффективного межчастичного расстояния для фрактальной среды.

Лекции 15 - 16. Кинетические эффекты в проблеме устойчивости сферической гравитирующей системы с радиальными орбитами. Пробные ансамбли. Кинетика пробных ансамблей.