

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля).

Энтропии и фракталы в методах обработки астрофизической информации

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки:

03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность программы:

01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

01.03.01 – астрометрия и небесная механика

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.

Вариативная часть ООП. Электив.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	З1 (УК-1) ЗНАТЬ основные современные научные достижения в профессиональной области, основные методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских задач, в том числе и в междисциплинарных областях. У1 (УК-1)

	УМЕТЬ проводить анализ литературных данных в рамках поставленной исследовательской (практической, образовательной) задачи, выявлять основные вопросы и проблемы, существующие в современной науке. В1 (УК-1) ВЛАДЕТЬ навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских, практических и образовательных задач в своей профессиональной области, в том числе в междисциплинарных областях.
ПК-1:01.03.02 Способность самостоятельно проводить научные исследования в области астрофизики и звездной астрономии и применять полученные результаты для решения практических задач.	З1 (ПК-1:01.03.02) ЗНАТЬ основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования в области астрофизики и звездной астрономии. У1 (ПК-1:01.03.02) УМЕТЬ использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области астрофизики и звездной астрономии. В1 (ПК-1:01.03.02) ВЛАДЕТЬ разработкой методов научного исследования для получения новых фундаментальных знаний в области астрофизики и звездной астрономии и способами применения этих знаний для создания прикладных технологий и решения практических задач.
ПК-1:01.03.01 Способность самостоятельно проводить научные исследования в области астрометрии и небесной механики и применять полученные результаты для решения практических задач.	З1 (ПК-1:01.03.01) ЗНАТЬ основные законы, теоретические модели и современные методы исследований и математического моделирования в области астрометрии и небесной механики. У1 (ПК-1:01.03.01) УМЕТЬ

	использовать полученные знания для анализа результатов научных исследований и решения практических задач в области астрометрии и небесной механики. В1 (ПК-1:01.03.01) ВЛАДЕТЬ разработкой методов научного исследования для получения новых фундаментальных знаний в области астрометрии и небесной механики и способами применения этих знаний для создания прикладных технологий и решения практических задач.
--	---

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачётные единицы, в том числе 30 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 78 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Отсутствуют.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Занятия лекционного типа *	Занятия семинарского типа *	Всего	
Понятие фрактальной размерности. Краткий исторический обзор предшествующих объектов исследования: парадокс Лебега, производные Гельдера, функция Вейерштрасса - Мандельброта. Классификация фракталов.	7	2		2	5
Природные фракталы. Бокс алгоритм. Скейлинг. Соотношения «масса - радиус», «периметр-площадь», «площадь-объем». Информационная размерность. Корреляционная размерность.	8	2		2	6
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.	7	2		2	5

Фигуры Коха (дуги, полупрямые, снежинки, озера, острова). Понятие самоподобия. Движение Коха. Кривые Пеано. Движение Пеано и пертайлинг.	8	2		2	6
Мультифракталы. Спектр размерностей Реньи. Расчет мультифрактальных спектров размерностей. Функция Кантора, или Чертова Лестница. Биномиальный мультипликативный процесс. Фрактальные подмножества. Показатель Липшица – Гельдера.	7	2		2	5
Методы расчета мультифрактальных размерностей временных рядов. Элементы R/S – анализа. Эмпирический закон Херста. Оценка показателя Херста. Алгоритм Хичуги. Алгоритм Грассбергера – Прокачча.	8	2		2	6
Ветвление и фрактальные решетки. Фрактальные размерности сечений. Разветвленные фракталы. Степень ветвления кривой. Практические применения и альтернативная форма ветвления.	7	2		2	5
Текущая аттестация в форме занятия семинарского типа.	2		2	2	
Случайное блуждание и фракталы. Обобщенное броуновское движение. Броуновские фракталы: функция и след. Фрактальные размерности сечений. Прямые, «безрешеточные» определения броуновского движения.	7	2		2	5
Самоподобие и самоаффинность. Самоинверсные фракталы. Геометрическая инверсия. Аполлониевы сети и салфетки. Построение Пуанкаре для множества L. Понятие о фрактальной оскуляции. Построение Мандельброта.	8	2		2	6
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.	7	2		2	5
Фрактальные свойства звездных систем. Закон Вокулера. Асимптотика закона распределения модуля случайной силы во фрактальной среде в приближении ближайшего соседа.	8	2		2	6
Оценка эффективного межчастичного расстояния для фрактальной среды.	7	2		2	5
Кинетические эффекты в проблеме устойчивости сферической гравитирующей системы с радиальными орбитами.	8	2		2	6

Пробные ансамбли. Кинетика пробных ансамблей.	7	2		2	5
Промежуточная аттестация – зачёт.					2
Итого	108				78

9. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

9.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости:

1. Задание по специальности 01.03.01. Рассчитать спектр мультифрактальных размерностей.
2. Задание по специальности 01.03.02. Вывести формулу Хаусдорфа для расчета фрактальной размерности.

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:

1. Задание для проверки З1 (ПК-1:01.03.01) из п. 5. Сформулировать определение энтропии Клапейрона, Клаузиуса, Больцмана, Гиббса, Шеннона, Колмогорова, Реньи, Тсаллеса, Неймана.
2. Задание для проверки У1 (ПК-1:01.03.01) из п. 5. Вывести асимптотику закона распределения модуля случайной силы во фрактальной среде в приближении ближайшего соседа.
3. Задание для проверки В1 (ПК-1:01.03.01) из п. 5. Построить график Ричардсона для определения фрактальной размерности определенной группы звезд.
4. Задание для проверки З1 (ПК-1:01.03.02) из п. 5. Сформулировать определение размерности Хаусдорфа, информационной размерности и корреляционной размерности.
5. Задание для проверки У1 (ПК-1:01.03.02) из п. 5. Вывести эмпирический закон Херста.
6. Задание для проверки В1 (ПК-1:01.03.02) из п. 5. Оценить эффективное межчастичное расстояние звезд в околосолнечной окрестности.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)		
Оценка	незачёт	зачёт
РО и соотв. виды оценочных средств		

Знания <i>(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, тестирующие знание основных законов и соотношений, и т. п.)</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения <i>(виды оценочных средств: устные и письменные опросы, тестирующие знание принципов получения основных законов и соотношений, написание и защита рефератов на заданную тему, практические контрольные задания и т. п.)</i>	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) <i>(виды оценочных средств: решение новых (не разобранных на лекциях или в литературе) задач, вывод новых соотношений и т. п.)</i>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

10. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной литературы:

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.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости):

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.

Описание материально-технической базы:

аудиторный фонд физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

11. Язык преподавания.

Русский.

12. Преподаватель (преподаватели).

ведущий программист, Осташова М.Л.