

Описание дисциплины ООП

Строение и эволюция звезд

Лектор: д.ф.-м.н., Ламзин Сергей Анатольевич
(ГАИШ МГУ)

Код курса:

Статус: обязательный

Аудитория: специальный

Семестр: 9

Трудоёмкость: 2 з.е.

Лекций: 32 часа

Семинаров: 0

Практ. занятий: 0

Отчётность: экзамен

Начальные компетенции: М-ПК-?, М-ПК-?
Приобретаемые компетенции: М-ПК-?, М-ПК-?

Аннотация курса

В первой части курса рассматриваются физические процессы, определяющие внутреннее строение и эволюцию звезд: излагаются сведения об уравнении состояния звездного вещества, источниках энергии звезд и различных механизмах переноса тепла. Выводятся уравнения, позволяющие моделировать эволюцию звезд, и рассматриваются методы их решения. Вторая половина курса посвящена сравнению численных расчетов с результатами наблюдений одиночных звезд на разных стадиях эволюции. Для понимания физического смысла численных расчетов привлекаются порядковые оценки и простые аналитические модели. Рассматривается процесс рождения звезд, стадия главной последовательности, красного гиганта и продвинутые этапы звездной эволюции, завершающиеся формированием белых карликов, нейтронных звезд или черных дыр. В последней лекции рассматривается теория звездных пульсаций и основы астросейсмологии.

Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими частями ООП

Курс является теоретическим базисом к практическим курсам: "Программирование микроконтроллеров", "Проектирование на ПЛИС, архитектура, средства и методы работы", "Системы технического зрения в лазерных исследованиях" и "Системы сбора данных и управления реального времени".

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

Научно-исследовательская практика, научно-исследовательская работа, дисциплины "Программирование микроконтроллеров", "Проектирование на ПЛИС, архитектура, средства и методы работы", "Системы технического зрения в лазерных исследованиях", "Системы сбора данных и управления реального времени".

Основные учебные пособия, обеспечивающие курс

1. Г.С.Бисноватый-Коган, "Физические вопросы теории звездной эволюции", Издательство Наука, Москва, 1989.
2. Я.Б.Зельдович, С.И.Блинников, Н.И.Шакура, "Физические основы строения и эволюции звезд", Издательство МГУ, Москва 1981.

Основные учебно-методические работы, обеспечивающие курс

1. А.Г.Масевич, А.В.Тутуков, "Эволюция звезд: теория и наблюдения", Издательство Наука, Москва, 1988.
2. Шкловский И.С., "Звезды: их рождение, жизнь и смерть", Издательство Наука, Москва, 1988.

Основные научные статьи, обеспечивающие курс

- 1) Paxton B. et al., "Modules for experiments in stellar astrophysics", *Astrophys. J. Supplement* v.192, p.3, 2011.
- 2) McKee C.F., Ostriker E.C. "Theory of Star Formation", *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* v. 45, 565, 2007.
- 3) Leberon Y., "[Stellar structure and evolution: deductions from Hipparcos](#)", *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* v.38, 35, 2002
- 4) Herwig F., "Evolution of asymptotic giant branch stars", *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* v. 43: 435, 2005
- 5) Hans Van Winckel H., "Post AGB stars", *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* v. 41, 391, 2004.

Контроль успеваемости

Промежуточная аттестация проводится на 8 неделе в форме коллоквиума с оценкой. Критерии формирования оценки – уровень знаний пройденной части курса.
Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к семинарам.

Программа курса по неделям освоения

Сферически симметричные звезды в рамках теории тяготения Ньютона: гидростатическое равновесие, теорема вириала, характерные времена процессов. Необходимое условие устойчивости звезд (1 неделя).

Политропные звезды (2 неделя).

Уравнение состояния вещества в звездах: ионизация и диссоциация идеального газа, неидеальный бoльцмановский газ, чернотельное излучение, образование электрон-позитронных пар, вырожденный газ электронов и нейтронов (3-4 недели).

Выделение ядерной и гравитационной энергии в звездах. Ядерные реакции: p-p, CNO-цикл, 3-alpha реакции, формирование элементов железного пика. Бета-процессы и роль нейтрино в эволюции звезд (5-6 недели).

Перенос энергии в звездах: лучистая и электронная теплопроводность, конвекция (7-8 недели).

Полная система уравнений, описывающих структуру и эволюцию сферически симметричных звезд без учета эффектов ОТО. Граничные условия и методы решения (9 неделя).

Рождение звезд. Молодые звезды и коричневые карлики, предел Кумара. Формирование планетных систем (10 неделя).

Эволюция звезд на главной последовательности (ГП). Соотношение масса-радиус-светимость на ГП. Особенности эволюции звезд разных поколений. Влияние вращения и магнитного поля на эволюцию звезд. Механизмы потери массы и углового момента, меридиональная циркуляция (11 неделя).

Эволюция звезд с массой $< 2.5M_{\odot}$ после ухода с ГП. Гелиевая вспышка, неустойчивость в гелиевом слоевом источнике, образование планетарных туманностей (12 неделя).

Эволюция звезд с массой от 2.5 до 8 M_{\odot} после ухода с ГП. Неустойчивость Шенберга-Чандрасекара. Интерпретация диаграмм цвет-величина звездных скоплений. Влияние потери массы на эволюцию звезд умеренных масс (13 неделя).

Эволюция звезд с массой $> 8M_{\odot}$ после ухода с ГП. Звезды типа Вольфа-Райе. Механизм вспышек сверхновых типа II и Ibс. Образование черных дыр и природа гамма-всплесков. Химическая эволюция Вселенной (14 неделя).

Белые карлики и нейтронные звезды: структура, предельная масса и тепловая эволюция.
Роль эффектов ОТО. Сверхновые типа Ia (15 неделя).
Пульсации звезд, основы астросейсмологии. (16 неделя).