

Физика звезд: структура и эволюция

Д.К.Надежин

ВВЕДЕНИЕ

Удивительное многообразие мира звезд.
Обычные звезды типа Солнца.
Красные и бурые карлики.
Красные и голубые гиганты и сверхгиганты.
Одиночные и двойные звезды.
Пульсирующие звезды (цефеиды).
Взрывающиеся звезды (новые и сверхновые).
Нейтронные звезды (пульсары).
Звездный ветер.
Планетарные туманности.
Звезды типа Вольфа-Райе.
Межзвездные газ и пыль.
Звездные поселения – галактики.
Наша Галактика, Магеллановы Облака, Туманность Андромеды.
Спектральная классификация звезд.
Понятие о диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
Химический состав звезд.
Плоская (I) и сферическая (II) звездные составляющие Галактики.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД

Звезды – самогравитирующие газовые (плазменные) шары.
Уравнения гидростатического равновесия.
Гравитационный потенциал.
Гравитационная энергия звезды.
Параболическая скорость (скорость убегания).
Элементы уравнения состояния звездной плазмы.
Идеальный (совершенный) газ, молекулярный вес полностью ионизованного звездного вещества, давление, удельная энергия, энтропия.
Статистика Ферми-Дирака.
Вырожденный электронный газ.
Асимптотика Чандрасекара.
Ограничения на параметры звезд, накладываемые условием гидростатического равновесия.

ПРОСТЕЙШИЕ МОДЕЛИ ЗВЕЗД

Политропные газовые шары.
Функции Лэна-Эмдена.
Аналитические решения для индексов политропы $n = 0, 1, 5$.

Полиτροпы $n = 1.5$ и 3 .

Асимптотические разложения вблизи центра и поверхности звезды.

Модель Роша с точечной массой в центре.

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ И ТЕПЛОТВОДА

Непрозрачность звездного вещества.

Закон усреднения коэффициента поглощения (Росселандово среднее).

Элементы теории термоядерных подбарьерных реакций.

Протон-протонная цепочка реакций, углеродно-азотный цикл.

Гелиевые реакции.

Конвекция в звездах.

Критерии конвективной неустойчивости.

Адиабатическая конвекция (конвективные звездные ядра).

Теория пути перемешивания (конвективные оболочки).

ПОЛНАЯ СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗД

Начальные и граничные условия.

Три характерных времени – гидродинамическое, тепловое и термоядерное.

Теорема вириала.

Отрицательная теплоемкость звезды как целого.

Гидростатически равновесные химически однородные модели звезд.

Вращение звезд.

Теорема Цемплена.

Меридиональная циркуляция.

ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ ЗВЕЗДНЫХ МОДЕЛЕЙ

Степенные аппроксимации уравнения состояния, непрозрачности и скорости выделения ядерной энергии.

Безразмерные уравнения равновесия звезд.

Критерии подобия.

Соотношения масса-светимость и масса-радиус.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА

Химический состав Солнца.

Физические условия в центре и на поверхности.

Вращение Солнца. Магнитные поля на Солнце.

Модель Солнца.

Теория солнечных нейтрино и их детектирование на подземных нейтринных обсерваториях.

ТЕОРИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗВЕЗД.

Уравнение пульсаций звезды с малой амплитудой.
Собственные частоты и собственные функции.
Пульсационное уравнение Эддингтона.
Нелинейность пульсаций в оболочках звезд.
Динамическая, тепловая и пульсационная неустойчивости.
Изентропические модели звезд.
Зависимость массы звезды от центральной плотности (диаграмма плотность-масса).
Предельная масса вырожденной звезды (предел Чандрасекара).

ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД

Гидростатически равновесная эволюция звезд.
Главная последовательность.
Переход к красным гигантам.
Слоевые источники энергии.
Эволюция звезд умеренных масс.
Изохроны на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
Возраст шаровых звездных скоплений.
Эволюция массивных звезд.
Предельная масса звезды главной последовательности.
Петли на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
Потеря массы звездным ветром.
Сброс оболочки звезды типа планетарной туманности.

ПОЗДНИЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗД

Нейтронные потери энергии.
Фундаментальные свойства нейтрино.
Урка-процесс.
Нейтронизация звездного вещества.
Аннигиляция электронно-позитронных пар в нейтрин-антинейтринные пары.
Плазменные нейтрино.
Образование железных звездных ядер и углеродно-кислородных вырожденных ядер.
Ядерное статистическое равновесие.
Фотодиссоциация железа.
Строение предсверхновых звезд.

ЭЛЕМЕНТЫ ЗВЕЗДНОГО НУКЛЕОСИНТЕЗА

Распространенность химических элементов во Вселенной.
Происхождение легких химических элементов.
Синтез тяжелых элементов в процессах быстрого и медленного захвата нейтронов.
Обойденные изотопы.
Нейтронный нуклеосинтез.

Литература:

1. В.А.Александров «Синтез элементов в звездах», Изд. Наука, 1975.
2. В.А.Александров «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1973.
3. А.С.Евдокимов «Синтез тяжелых элементов», Изд. Наука, 1959.
4. И.С.Шварц «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1961.
5. М.А.Алиев «Синтез элементов в звездах», Изд. Наука, 1950.
6. Е.А.Александров «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1973.
7. И.А.Александров, Я.А.Александров, А.Е.Иванов «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1983.
8. А.А.Александров, А.С.Евдокимов «Нуклеосинтез в звездах», Изд. Наука, 1988.
9. А.А.Александров «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1976.
10. Е.А.Александров «Нуклеосинтез», Изд. Наука, 1977.