

# Введение в теорию строения и эволюции звезд

## В.С.Имшенник

1. Главные физические величины мира звезд.
2. Диаграммы масса-светимость и светимость-цвет (ГР).
3. Три характерных времени звезды.
4. Эддингтоновский предел светимости.
5. Условия гидростатического равновесия звезды; их вывод, теорема вириала, оценки центральных параметров.
6. Уравнения состояния внутризвездного вещества, плазма из смеси идеальных газов заряженных и нейтральных частиц, условие идеальности плазмы Дебая-Хюккеля, равновесное излучение, равновесная ионизация.
7. Гравитационное взаимодействие, теорема Гаусса, гравитационный потенциал и энергия, уравнение Пуассона, сферически-симметричный случай для звезд.
8. Условия переноса энергии и ее термоядерного выделения.
9. Перенос энергии излучением (фотонами), конвекцией (конвективная неустойчивость).
10. Полная система уравнений для структуры и эволюции сферически-симметричных звезд.
11. Непрозрачность звездного вещества. Расчеты непрозрачности как функции температуры и плотности вещества (модель водорода и общая картина).
12. Политропные газовые шары.
13. Уравнение Эмдена и его основные параметры. Частные случаи политропных моделей звезд и асимптотика вблизи центра и поверхности звезды.
14. Модель Роша с точечной массой в центре.
15. Статистика Ферми-Дирака и вырожденный электронный газ. Нерелятивистский и ультрарелятивистский случаи. Холодные вырожденные звезды.

## II. Современная теория строения и эволюции звезд.

1. Строение звезд главной последовательности и химически однородных звезд. Их гидростатическая эволюция.
2. Теория подобия звездных моделей и диаграммы масса-светимость и масса-радиус (светимость-цвет).
3. Термоядерные источники энергии звезд. Скорость термоядерных реакций.
4. Водородные ядерные реакции. Протон-протонная цепочка. Другие термоядерные реакции (гелиевые и т.д.). Изобилие нестабильных нуклидов во внутризвездном веществе.
5. Гравитационный коллапс центральных железных ядер звезд – конец эволюции массивных звезд главной последовательности ( $M > 10M_{\odot}$ ). Беззвучный коллапс и взрыв сверхновой. Динамика коллапса. Нейтронизация вещества, нейтринный и гравитационный импульсы.
6. Переход звезд умеренных масс в красные гиганты. Слоевые источники термоядерной энергии. Звездный ветер и сброс оболочек звезд. Формирование белых карликов. Чандрасекаровский предел масс ( $M < 1,4M_{\odot}$ ).

7. Представления о пульсациях и вращении звезд. Аккреция вещества на одиночные звезды. Двойные звезды и их эволюция благодаря процессам гравитационного излучения и обмена массами.
8. Роль нейтрино в эволюции звезд. Поздние стадии эволюции с образованием центральных ядер звезд (железного, углеродно-кислородного и т.п.) и слоевой структуры (стратификация химического состава). Физика нейтронных звезд. Введение в теорию релятивистских звезд (черных дыр). Решение Шварцшильда для уравнений ОТО.
9. Взрывные динамические процессы в звездах. Термоядерные взрывы Новых и Сверхновых звезд. Их ключевая роль в химической эволюции галактик, динамике межзвездного вещества, ускорении космических лучей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Тейлер. Физика звёзд: строение и эволюция. М. "Мир", 1976.
2. Я.Б. Зельдович, С.И. Блинников, Шакура. Проблемы физики звёзд. М. МГУ.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. М. "Наука", 1976.
4. Я.Б. Зельдович, Новиков. Теория строения и эволюции звёзд. М. "Наука", 1971.
5. Д.А. Франк-Каменецкий. Введение в физику строения звёзд. М. "Наука", 1963.