

Внутреннее строение звезд

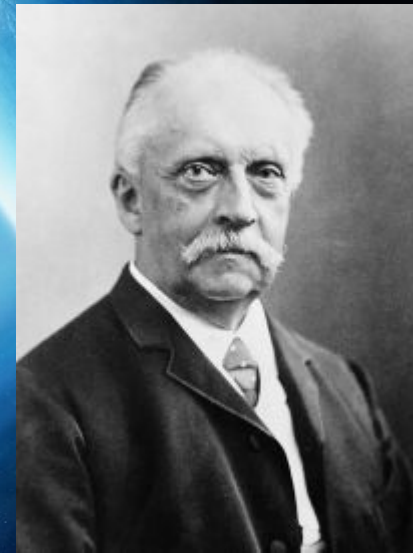
Презентацию подготовили ученики 11 В класса:

Померанцев Александр Владимирович

Чернышов Роман Александрович

Источники энергии звезд

- Если бы Солнце состояло из каменного угля и источником его энергии было горение, то для поддержания нынешнего уровня излучения энергии Солнце бы полностью сгорело за 5000 лет. Но Солнце светит уже миллиарды лет!
- Вопрос об источниках энергии звезд был затронут еще Ньютоном. Он предполагал, что звезды восполняют запас энергии за счет падающих комет.
- В 1845г. нем. Физик Роберт Мейер (1814-1878) попытался доказать, что Солнце светит за счет энергии падающего на него межзвездного вещества.
- 1954г. Герман Гельмгольц высказал предположение, что Солнце излучает часть энергии, освобождающейся при его медленном сжатии. Из простых расчетов можно узнать, что Солнце полностью исчезло бы за 23 млн. лет, а это слишком мало. Кстати, этот источник энергии в принципе имеет место до выхода звезд на главную последовательность.



Герман Гельмгольц
(1821-1894г.)

Строение звезд главной последовательности

Звез

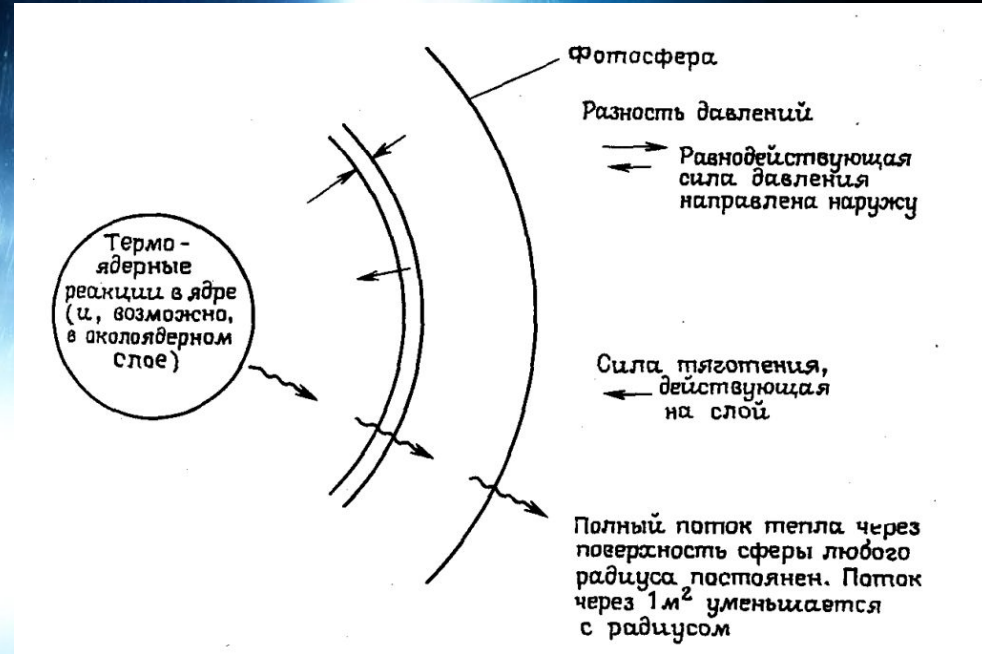
Звезды, по массе сравнимые с Солнцем устроены таким же образом как Солнце. При температурах в центре выше $16 \cdot 10^9$ К происходит конвективный перенос: темп энерговыделения очень велик и излучение не успевает уносить энергию из центральных областей.

- Звезды, по массе большие, чем Солнце характеризуются отсутствием зоны лучистого переноса: конвективная зона начинается прямо из центра. Звезды с массой меньше 0,3 солнечной являются полностью конвективными, что связано с их низкими температурами и высокими значениями коэффициента поглощения.
- Звезды солнечной массы в ядре осуществляется лучистый перенос, тогда как во внешних слоях – конвективный.
- Причем, масса конвективной оболочки быстро уменьшается при движении вверх по главной последовательности.

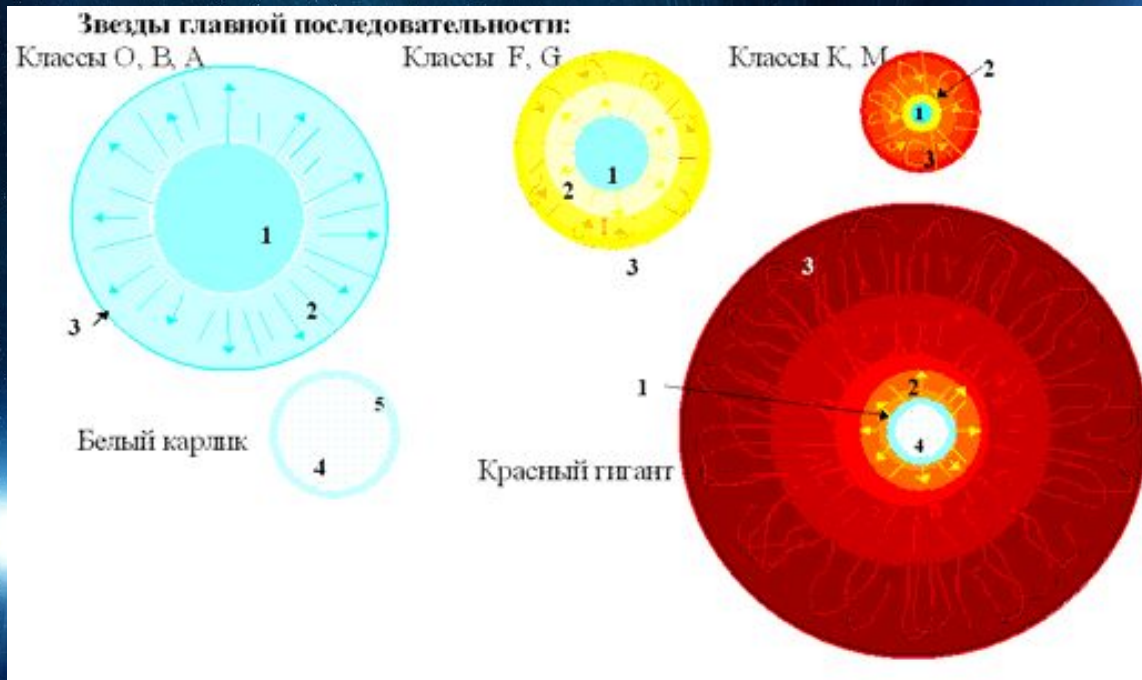
Модели строения звезд

• Звезда должна быть в состоянии равновесия и это налагает на нее жесткие ограничения, т.е., придя в состояние равновесия, звезда будет иметь строго определенное строение. В каждой точке звезды должен соблюдаться баланс сил гравитации, теплового давления, давления излучения и др. Также градиент температуры должен быть таким, чтобы тепловой поток наружу строго соответствовал наблюдаемому потоку излучения с поверхности.

• Все эти условия можно записать в виде математических уравнений (не менее 7), решение которых возможно только численными методами, которые не будут рассматриваться в рамках данной презентации.



Внутреннее строение звезд



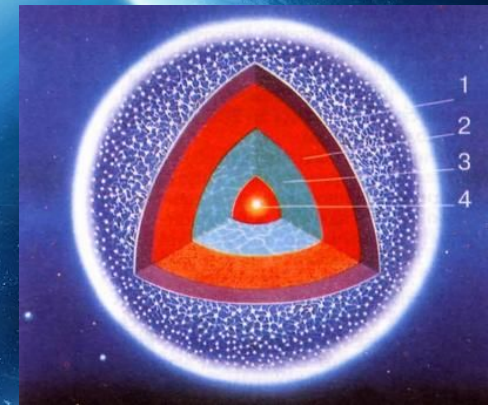
1. Ядро звезды (зона термоядерных реакций).
2. Зона лучистого переноса выделяющейся в ядре энергии внешним слоям звезды.
3. Зона конвекции (конвективного перемешивания вещества).
4. Гелиевое изотермическое ядро из вырожденного электронного газа.
5. Оболочка из идеального газа.

Строение вырожденных звезд

- Давление в белых карликах достигает сотен килограммов на кубический сантиметр, а у пульсаров – на несколько порядков выше.
- При таких плотностях поведение резко отличается от поведения идеального газа. Перестает действовать газовый закон Менделеева-Клапейрона – давление уже не зависит от температуры, а определяется только плотностью. Это состояние вырожденного вещества.
- Поведение вырожденного газа, состоящего из электронов, протонов и нейтронов, подчиняется квантовым законам, в частности, принципу запрета Паули. Он утверждает, что в одном и том же состоянии не может находиться больше двух частиц, причем их спины направлены противоположно.
- У белых карликов число этих возможных состояний ограничено, сила тяжести пытается втиснуть электроны в уже занятые места. При этом возникает специфическая сила противодействия давлению. При этом, $p \sim \rho^{5/3}$.
- При этом, электроны имеют высокие скорости движения, а вырожденный газ имеет высокую прозрачность вследствие занятости всех возможных энергетических уровней и невозможности процесса поглощения-переизлучения.

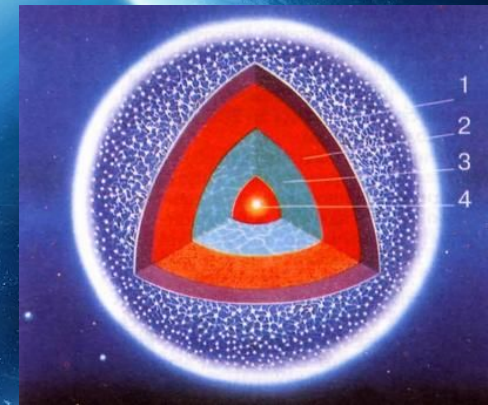
Строение нейтронной звезды

- При плотностях выше 10^{10} г/см³ происходит процесс нейтронизации вещества, реакции $p + e \rightarrow n + \nu$
- В 1934г Фрицем Цвикки и Вальтером Баарде теоретически было предсказано существование нейтронных звезд, равновесие которых поддерживается давлением нейтронного газа.
- Масса нейтронной звезды не может быть меньше $0,1M_{\odot}$ и больше $3M_{\odot}$. Плотность в центре нейтронной звезды достигает значений 10^{15} г/см³. Температура в недрах такой звезды измеряется сотнями миллионов градусов. Размеры нейтронных звезд не превышают десятков км. Магнитное поле на поверхности нейтронных звезд (в млн. раз больше земного) является источником радиоизлучения.
- На поверхности нейтронной звезды вещество должно обладать свойствами твердого тела, т.е., нейтронные звезды окружены твердой корой толщиной несколько сотен метров.



Черные дыры

- Существование черных дыр является прямым следствием из ОТО. Черная дыра – область пространства, в которой сила гравитации так велика, что никакой объект не может выбраться оттуда, даже свет, отсюда их и называют «черными». Чтобы стать черной дырой тело должно иметь просто огромную плотность: так, тело сопоставимое с по массе с Землей и являющееся Черной дырой должно иметь радиус максимум 2 сантиметра. $R=2GM/c^2$



Черные дыры

- Белые карлики являются звездами малого радиуса, т.е. они сравнимы по радиусу с Землей, однако их масса сравнима с массой Солнца: их средняя плотность сотни килограммов в кубическом сантиметре, поэтому атомы внутри белых карликов «раздавлены», электроны мало связаны с ядрами и ведут себя независимо от них. Их недра состоят из ядер гелия и др. тяжелых элементов.





Спасибо за внимание!