

2.Эволюция звезд: рождение, жизнь и смерть

Формирование («рождение») звезды — достаточно сложный и неоднозначный процесс. На данный момент существует ряд правомерных гипотез, так, например, есть одна, по которой утверждается, что молекулярные облака увеличивают свою плотность, коллапсируют в плазменный шар, превращающийся в звезду.

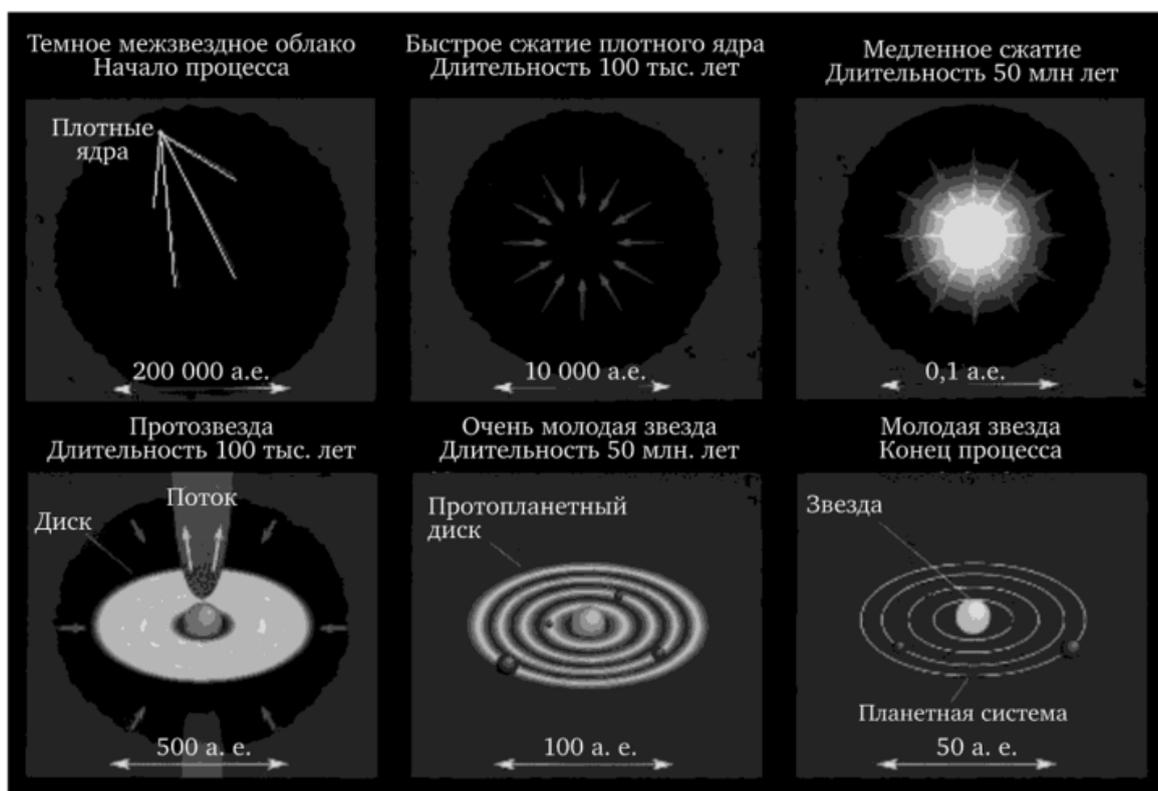


Рис. 4. Этапы формирования звезды

Таким образом *эволюция звезды* начинается в гигантском молекулярном облаке, также называемом *звездной колыбелью*, в котором в результате *гравитационной неустойчивости* начинает разрастаться первичная флуктуация плотности. Существует предположение (модель), по которой следует, что, по мере того как происходит вращение молекулярного облака вокруг какой-либо галактики, ряд факторов могут вызвать *гравитационный коллапс*. Например, может произойти столкновение облаков или одно из них может пройти через плотный рукав спиральной галактики. Еще одним фактором может стать взрыв сверхновой звезды, ударная волна которого столкнется с молекулярным облаком на огромной скорости. Не исключено столкновение галактик, которое способно вызвать сильный всплеск звездообразования, наряду с тем что газовые облака в каждой из галактик сжимаются и возбуждаются в результате столкновения.

При коллапсе молекулярное облако разделяется на части, образуя все более и более мелкие сгустки. Предполагается, что фрагменты с массой меньше примерно $100 M_{\odot}$ способны сформировать звезду. В таких формированиях при высвобождении

гравитационной потенциальной энергии газ нагревается по мере сжатия, облако преобразуется в *протозвезду*, трансформируясь во вращающийся сферический объект.

Звезды в начальной стадии своего существования, скрыты внутри плотного облака пыли и газа, различимы только их силуэты (звездообразующие коконы), которые можно наблюдать на фоне яркого излучения окружающего газа. Сами образования имеют название *глобул Бока*.

На данный момент с помощью наблюдений установлено, что очень малая доля протозвезд не достигает достаточной для реакций термоядерного синтеза температуры. Такого рода звезды получили название *коричневые карлики* (их масса не превышает одной десятой солнечной). Данные звезды быстро «умирают», остывая за несколько сотен миллионов лет. Наблюдались случаи, когда в ряде наиболее массивных протозвезд температура в результате сильного сжатия может достигнуть $10 \cdot 10^6$ К, что делает возможным синтез гелия из водорода. Тогда такая звезда начинает светиться, происходит запуск термоядерных реакций, который устанавливает гидростатическое равновесие, предотвращая дальнейший гравитационный коллапс ядра. В дальнейшем звезда может существовать в стабильном состоянии.

Ни одна звезда не может светить вечно. Эволюционный путь и продолжительность жизни звезды зависят от ее массы: чем звезда более массивна, тем быстрее она сожжет все свое топливо. В силу того что звезды являются самыми массивными точечными объектами во Вселенной и их массы несравнимо велики, массы звезд принято измерять не в граммах, а в массах Солнца (M_{\odot}), где Солнце взято за единицу как наиболее близкий и максимально изученный объект звездной природы.

В зависимости от массы существует четыре сценария завершения эволюционного пути звезды:

- 1) белый карлик;
- 2) нейтронная звезда;
- 3) черная дыра;
- 4) отсутствие звездного остатка.

Если масса звезды сравнима с солнечной или легче, то продолжительность протон-протонного цикла в недрах звезды составит порядка 10 млрд лет (чем звезда легче, тем дольше). Когда запасы водорода в недрах звезды наконец иссякнут, запустится следующий процесс — горение гелия и его превращение в углерод. Тем временем звезда увеличится в размерах в несколько раз и превратится в *красного гиганта*: ядро начнет сжиматься, а окружающее его вещество, наоборот, расширяться и остывать. Такой финал

через 5 млрд лет ждет и наше Солнце; при этом его радиус увеличится настолько, что поглотит Меркурий и Венеру, а возможно, доберется и до Земли.

Стадия красного гиганта относительно недолговечна: она займет порядка 100 млн лет. Когда запасы гелия закончатся, а давления термоядерных реакций перестанет хватать, чтобы удерживать массу звезды, звезда потеряет гравитационную устойчивость и начнет пульсировать, сбрасывая звездное вещество в межзвездную среду: так образуется *планетарная туманность* — молекулярное облако, получившее свое название за то, что зачастую имеет форму диска, похожую на проекцию планеты. В конце концов от звезды останется только плотное углеродное ядро размером с Землю — *белый карлик*, — который медленно будет остывать.



Рис. 5. Эволюционный путь звезды типа Солнца

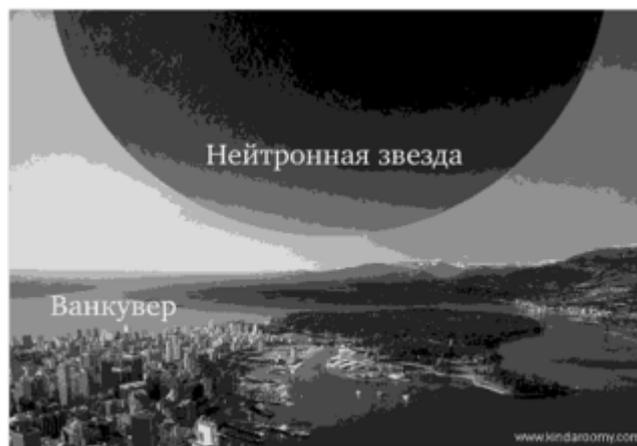


Рис.6. Плотность нейтронной звезды настолько велика, что при массе, сравнимой с солнечной, ее размеры не превышают размеров города на Земле: нейтронная звезда и Ванкувер.

Именно вспышкам сверхновых мы обязаны своей жизнью, поскольку в процессе коллапса и последующего разлета звездного вещества образуются такие элементы

Периодической таблицы Менделеева, как кислород O, магний Mg (до взрыва), кремний Si, кальций Ca, титан Ti (во время взрыва) и др., которые обогащают межзвездное вещество. Последующему сжатию нейтронной звезды препятствует давление ядерной материи, которое появляется при взаимодействии нейтронов.

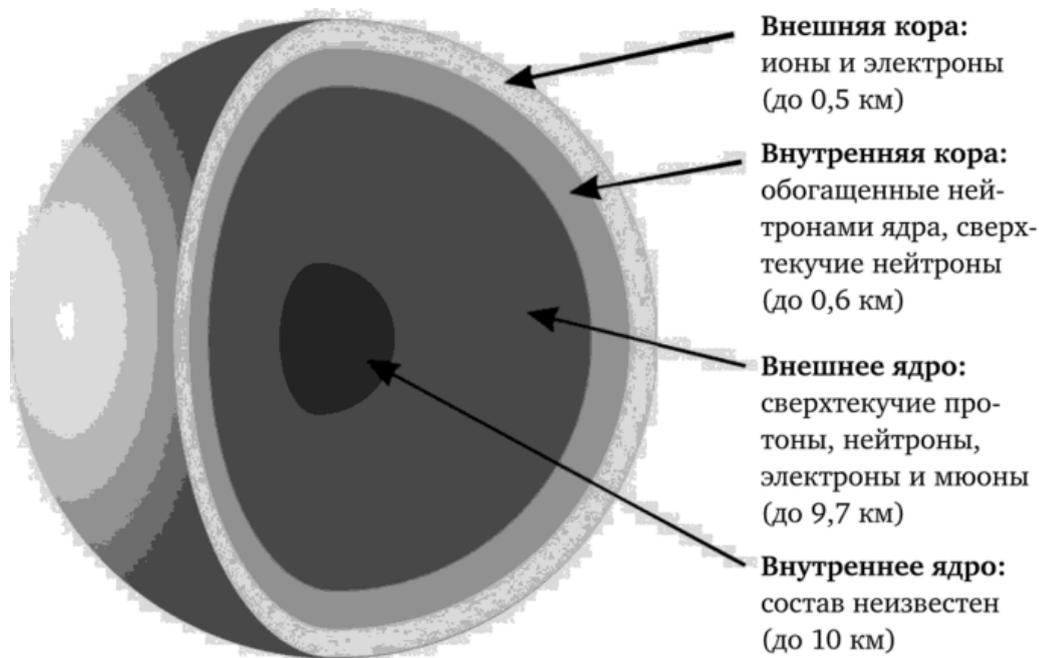


Рис.7. Нейтронная звезда в разрезе

В отличие от большинства других астрономических явлений, существование нейтронных звезд было предсказано в 1930-е гг. (Л. Д. Ландау, В. Бааде и Ф. Цвикки). Впервые нейтронная звезда была открыта случайно в 1967 г. (радиопульсар, Джоселин Белл).