

Звёздная эволюция

Эволюция звезд - последовательность изменений, которым звезда подвергается в течение её жизни, то есть на протяжении сотен тысяч, миллионов или миллиардов лет, пока она излучает свет и тепло.

Звезда начинает свою жизнь как холодное разряжённое облако межзвёздного газа (разряженная газовая среда, заполняющая всё пространство между звёздами), сжимающееся под действием собственного тяготения и постепенно принимающее форму шара. При сжатии, энергия гравитации (универсальное фундаментальное взаимодействие между всеми материальными телами) переходит в тепло, и температура объекта возрастает. Когда температура в центре достигает 15-20 миллионов К, начинаются термоядерные реакции и сжатие прекращается. Объект становится полноценной звездой. Первая стадия жизни звезды, подобна солнечной - в ней доминируют реакции водородного цикла. В таком состоянии он пребывает большую часть своей жизни, находясь на главной последовательности диаграммы Герцшпрунга - Расселла. Пока не закончатся запасы топлива в его ядре. Когда в центре звезды весь водород превращается в гелий, образуется гелиевое ядро, а термоядерное горение водорода продолжается на его периферии. В этот период структура звезды начинает меняться.

Её светимость растёт, внешние слои расширяются, а температура поверхности снижается -- звезда становится красным гигантом, которые образуют ветвь на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Когда накопленная масса гелиевого ядра становится значительной, оно не выдерживает собственного веса и начинает сжиматься; если звезда достаточно массивна, возрастающая при этом температура может вызвать дальнейшее термоядерное превращение гелия в более тяжёлые элементы.

Середина жизненного цикла звезды

- Среди звёзд встречается широкое многообразие цветов и размеров. По спектральному классу они варьируются от горячих голубых до холодных красных, по массе -- от 0,0767 до более чем 200 солнечных масс. Светимость и цвет звезды зависит от температуры её поверхности, которая, в свою очередь, определяется массой.
- Фактически, перемещение звезды по диаграмме отвечает лишь изменению параметров звезды. Маленькие, холодные красные карлики медленно сжигают запасы водорода и остаются на главной последовательности сотни миллиардов лет, в то время как массивные сверхгиганты уйдут с главной последовательности уже через несколько миллионов лет после формирования. Звёзды среднего размера, такие как Солнце, остаются на главной последовательности в среднем 10 миллиардов лет

- Температура и давление снова повышаются, но, в отличие от стадии протозвезды, до более высокого уровня. Коллапс продолжается до тех пор, пока при температуре приблизительно в 100 миллионов К не начнутся термоядерные реакции с участием гелия. Возобновившееся на новом уровне термоядерное горение вещества становится причиной чудовищного расширения звезды. Звезда «разрыхляется», и её размер увеличивается приблизительно в 100 раз. Таким образом, звезда становится красным гигантом, а фаза горения гелия продолжается около нескольких миллионов лет. Практически все красные гиганты являются переменными звёздами. То, что происходит в дальнейшем, вновь зависит от массы звезды.

Поздние годы и гибель звезд

- Старые звёзды с малой массой
- На сегодняшний день достоверно неизвестно, что происходит с лёгкими звёздами после истощения запаса водорода. Поскольку возраст вселенной составляет 13,7 миллиардов лет, что недостаточно для истощения запаса водородного топлива в таких звёздах, современные теории основываются на компьютерном моделировании процессов, происходящих в таких звёздах. Некоторые звёзды могут синтезировать гелий лишь в некоторых активных зонах, что вызывает их нестабильность и сильные звёздные ветры. В этом случае образования планетарной туманности не происходит, а звезда лишь испаряется, становясь даже меньше, чем коричневый карлик.

Глобула

Коричневый карлик

Звездой главной последовательности

Красные гиганты

Белый карлик

Черный карлик

Сверхновая звезда

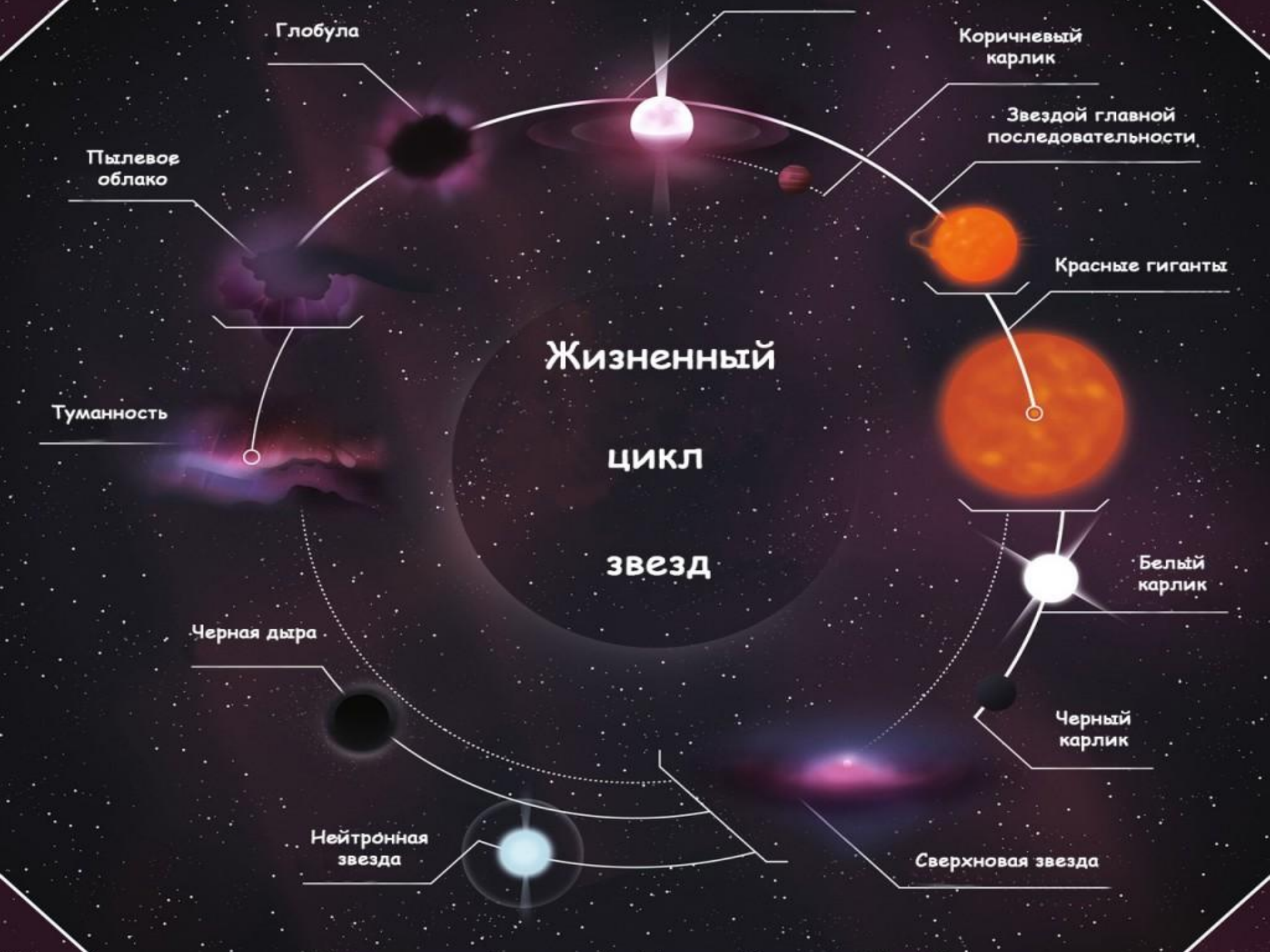
Нейтронная звезда

Черная дыра

Туманность

Пылевое облако

Жизненный цикл звезд



Старые звёзды с малой массой

Поскольку возраст вселенной составляет **13,7** миллиардов лет, что недостаточно для истощения запаса водородного топлива в таких звёздах, современные теории основываются на компьютерном моделировании процессов, происходящих в таких звёздах. Некоторые звёзды могут синтезировать гелий лишь в некоторых активных зонах, что вызывает их нестабильность и сильные звёздные ветры. Звезды с массой менее **0,5** солнечной не в состоянии преобразовывать гелий даже после того, как в ядре прекратятся реакции с участием водорода -- их масса слишком мала для того, чтобы обеспечить новую фазу гравитационного сжатия до той степени, которая инициирует «возгорание» гелия.

Звёзды среднего размера

При достижении звездой средней величины (от 0,4 до 3,4 солнечных масс) фазы красного гиганта в ее ядре заканчивается водород и начинаются реакции синтеза углерода из гелия. Этот процесс идет при более высоких температурах и поэтому поток энергии от ядра увеличивается, что приводит к тому, что внешние слои звезды начинают расширяться. Начавшийся синтез углерода знаменует новый этап в жизни звезды и продолжается некоторое время. Для звезды по размеру схожей с Солнцем, этот процесс может занять около миллиарда лет. Изменения в величине испускаемой энергии заставляют звезду пройти через периоды неустойчивости, включающие в себя перемены в размере, температуре поверхности и выпуске энергии.

Белые карлики

Вскоре после гелиевой
вспышки «загораются» углерод и кислород;
каждое из этих событий вызывает серьезную
перестройку звезды и её быстрое
перемещение по диаграмме Герцшпрунга --
Рассела. Размер атмосферы звезды
увеличивается ещё больше, и она начинает
интенсивно терять газ в виде разлетающихся
потоков звёздного ветра.

Сверхмассивные звёзды

После того, как звезда с массой большей, чем пять солнечных, входит в стадию красного сверхгиганта, ее ядро под действием сил гравитации начинает сжиматься. По мере сжатия увеличиваются температура и плотность, и начинается новая последовательность термоядерных реакций. В таких реакциях синтезируются все более тяжёлые элементы: гелий, углерод, кислород, кремний и железо, что временно сдерживает коллапс ядра.

Нейтронные звёзды

Известно, что в некоторых сверхновых сильная гравитация в недрах сверхгиганта заставляет электроны поглотиться атомным ядром, где они, сливаясь с протонами, образуют нейтроны. Этот процесс называется нейтронизацией.

Электромагнитные силы, разделяющие близлежащие ядра, исчезают. Ядро звезды теперь представляет собой плотный шар из атомных ядер и отдельных нейтронов. Такие звёзды, известные, как нейтронные звёзды, чрезвычайно малы -- не более размера крупного города, и имеют невообразимо высокую плотность. Период их обращения становится чрезвычайно мал, по мере уменьшения размера звезды.

Чёрные дыры

Далеко не все сверхновые становятся нейтронными звёздами. Если звезда обладает достаточно большой массой, то коллапс звезды продолжится, и сами нейтроны начнут обрушиваться внутрь, пока её радиус не станет меньше Шварцшильдовского. После этого звезда становится чёрной дырой.

Существование чёрных дыр было предсказано общей теорией относительности. Согласно этой теории, материя и информация не может покидать чёрную дыру ни при каких условиях. Тем не менее, квантовая механика, вероятно, делает возможными исключения из этого правила.