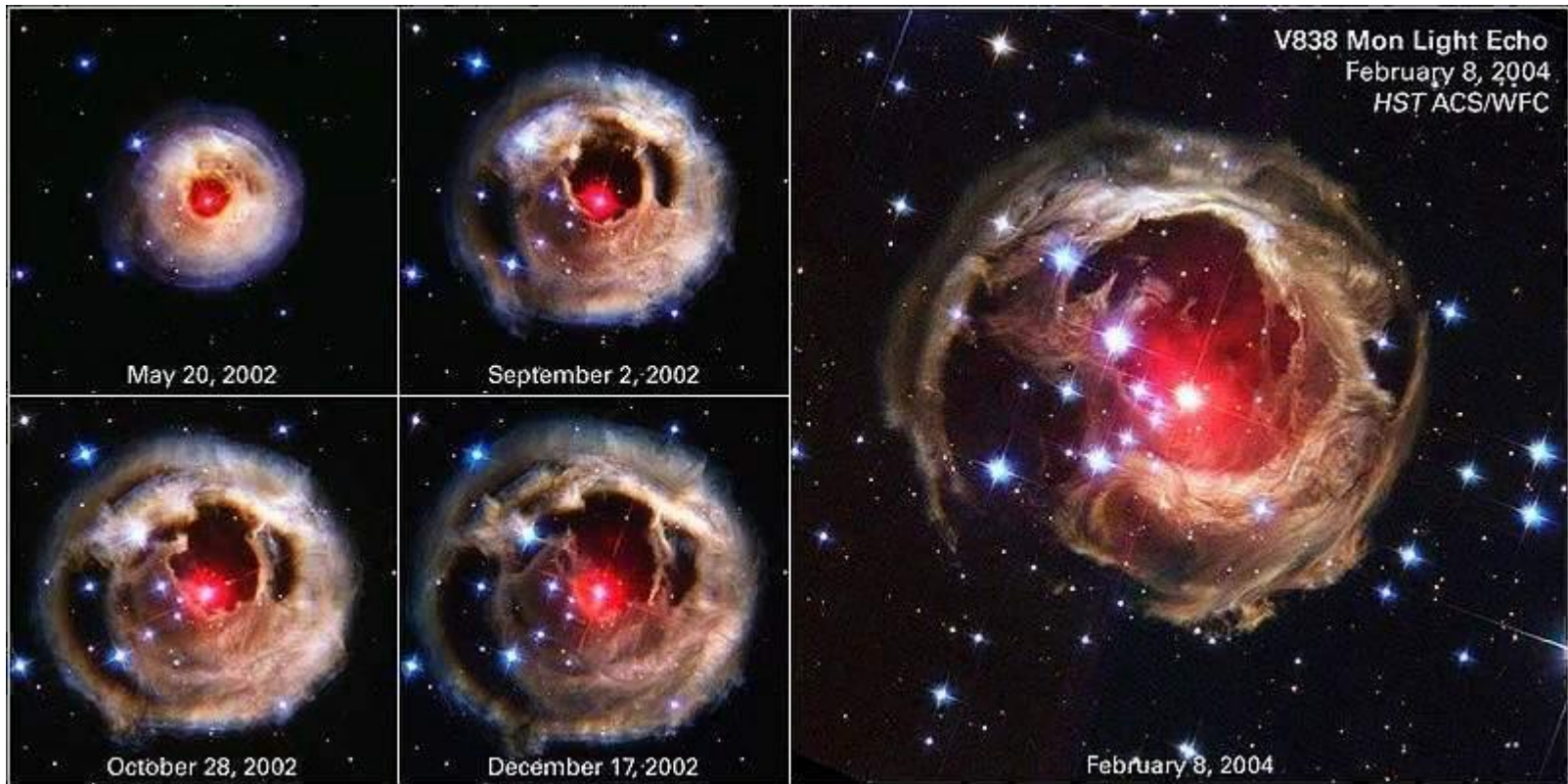


A deep space photograph showing a vast field of stars. In the upper left, a bright, multi-colored nebula (likely the Ring Nebula) is visible, glowing with shades of orange, red, and blue. Several bright stars are scattered across the field, with some showing prominent diffraction spikes. The background is a dark, star-filled expanse.

**ПЕРЕМЕННЫЕ И  
НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЗВЁЗДЫ**

# Пульсирующие переменные

Важную роль в развитии представлений о физической природе звёзд играют исследования **переменных звёзд**.

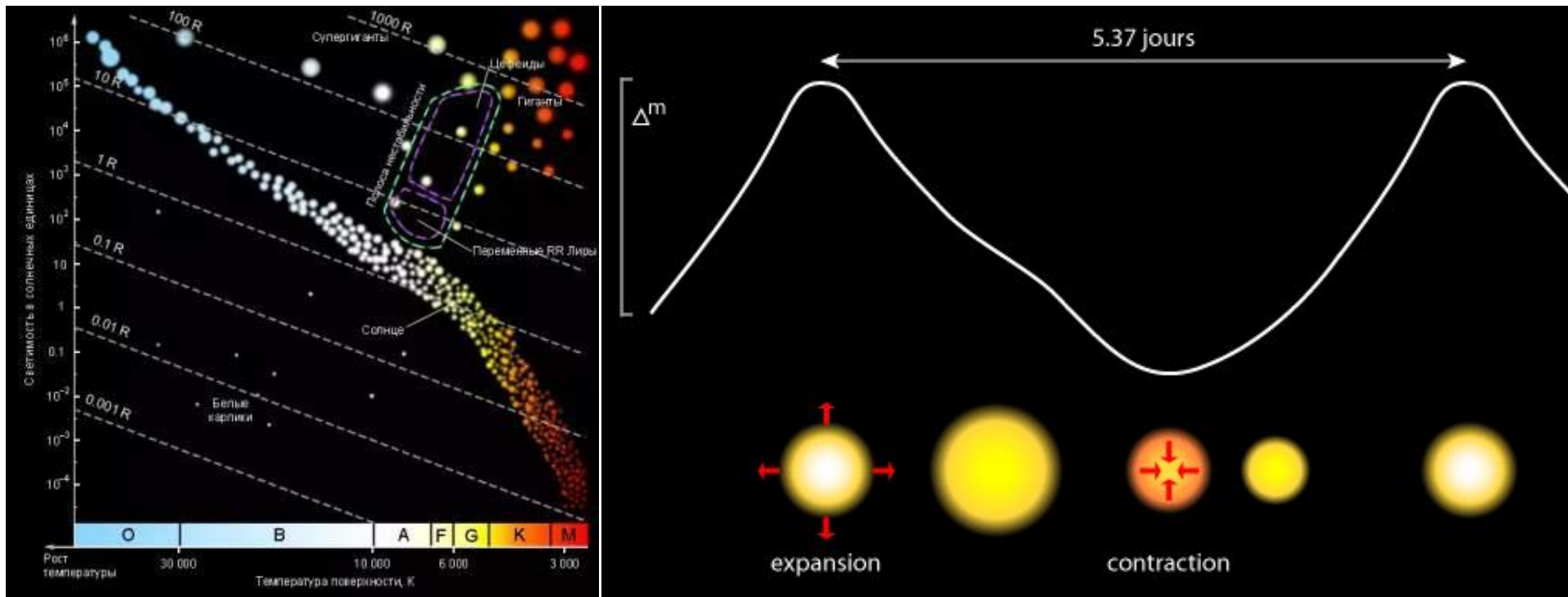


Красная переменная звезда V838 Monocerotis

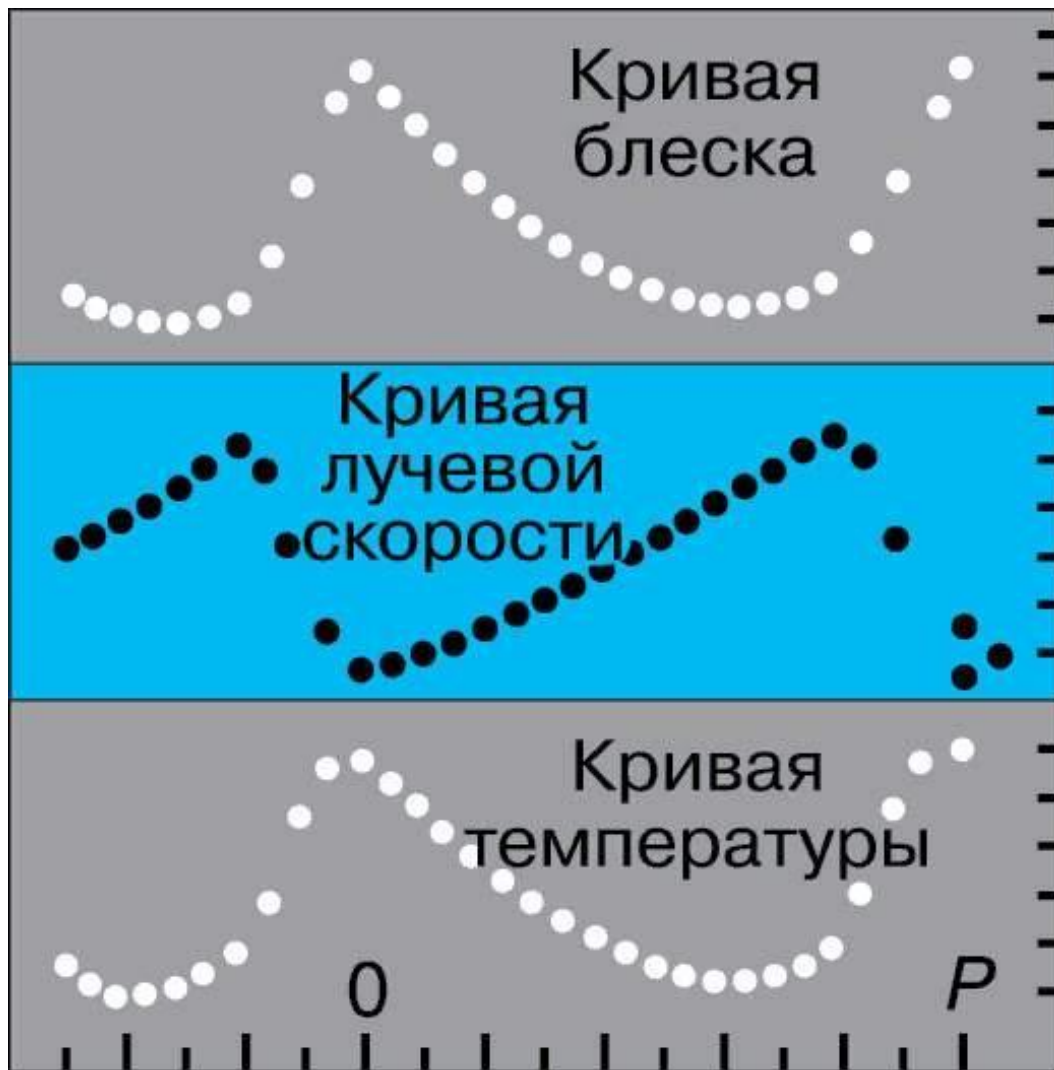
**Физические переменные звёзды** – это звёзды, у которых светимость меняется в результате различных процессов, происходящих на самой звезде. В настоящее время известно несколько десятков тысяч переменных звёзд различных типов.

К числу переменных звёзд со строгой периодичностью принадлежат прежде всего **цефеиды**. Они получили это название потому, что первой среди звёзд этого типа была открыта **δ Цефея**.

Эта классическая цефеида меняет свою светимость с периодом 5,37 суток, а амплитуда изменения светимости примерно одна звёздная величина.



Как правило, у цефеид эта амплитуда не превышает 1,5 звёздной величины, зато периоды изменения светимости весьма различны: от десятков минут до нескольких десятков суток, причём этот период у них долгие годы сохраняется постоянным.



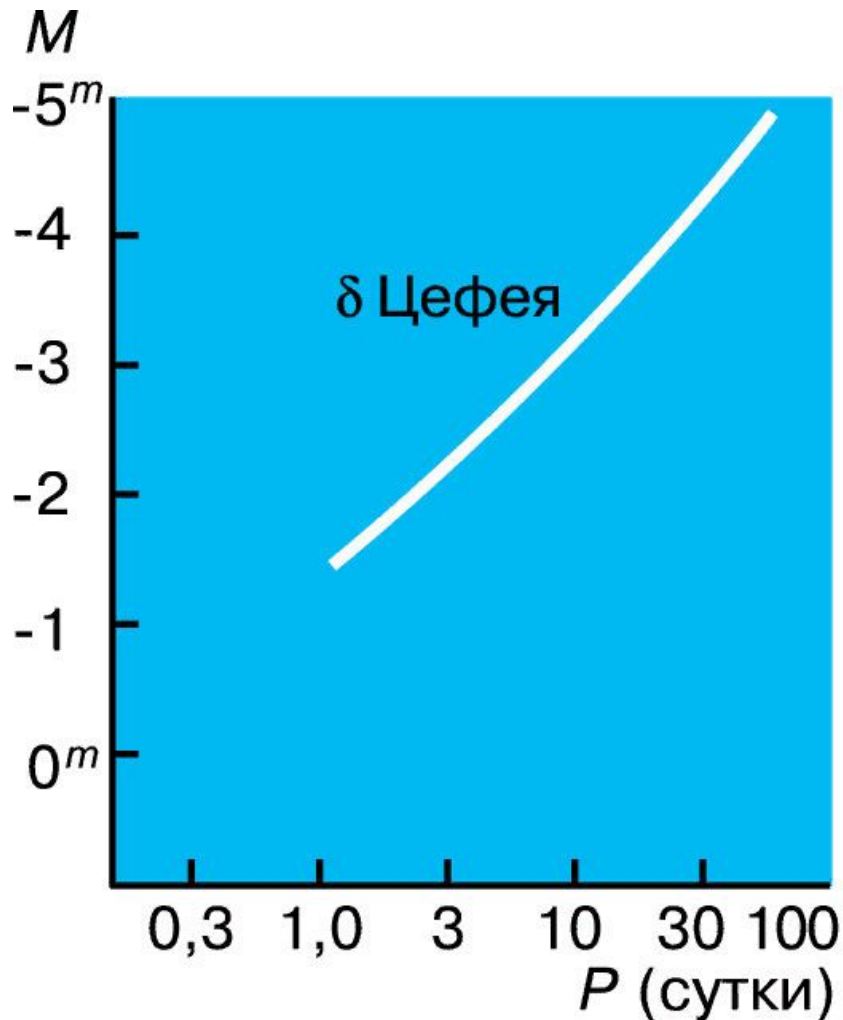
Графики изменения светимости, лучевой скорости и температуры цефеид

Изучение спектров цефеид показало, что изменение светимости сопровождается изменениями температуры и лучевой скорости.

Эти данные показывают, что причиной всему является **пульсация наружных слоёв звезды**.

Они периодически то расширяются, то сжимаются.

При сжатии звезда нагревается и становится ярче, при расширении её светимость уменьшается.



Зависимость «период — светимость» цефеид

В начале XX в. было замечено: **чем ярче цефеида, тем продолжительнее период изменения её светимости.**

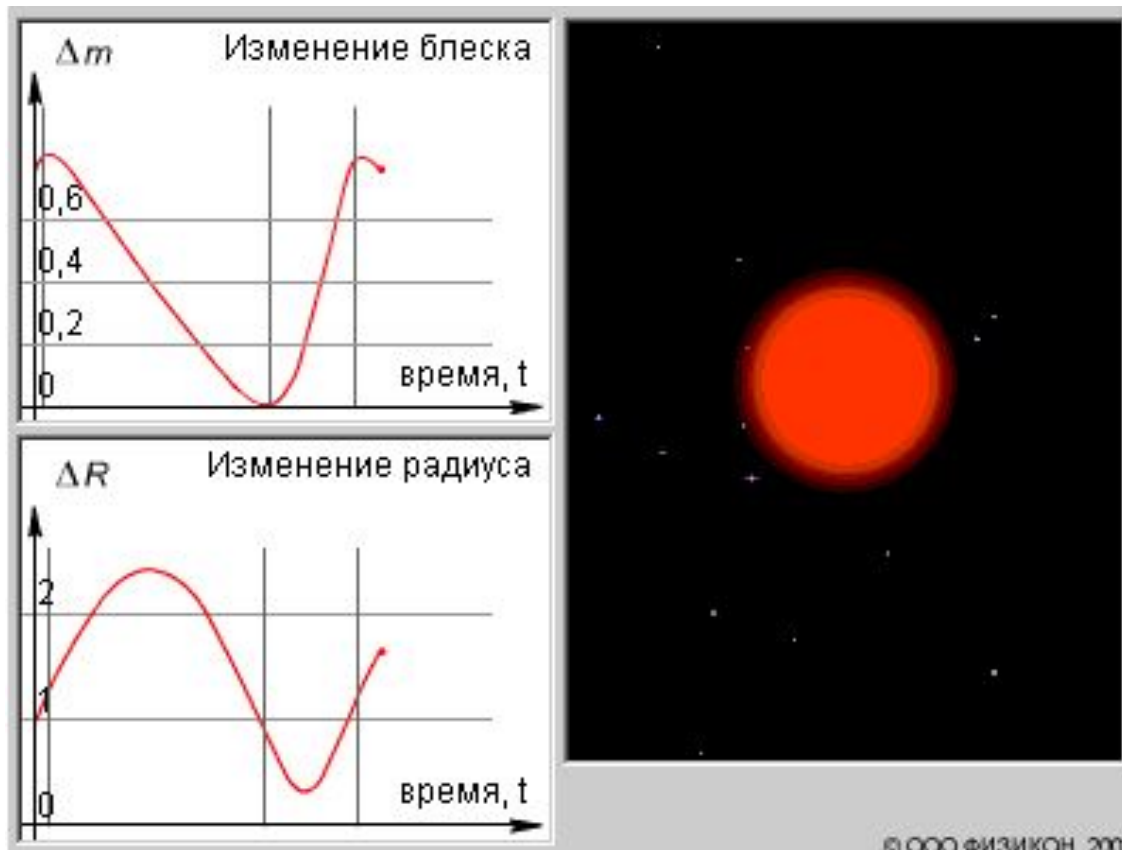
Зависимость «период - светимость», существующая у цефеид, используется для определения расстояний в астрономии.

Получив из наблюдений период изменения светимости цефеиды, можно узнать её светимость, вычислить абсолютную звёздную величину  $M$ , а сравнив её с видимой звёздной величиной  $m$ , вычислить расстояние до звезды по формуле:

$$\lg D = 0,2(m - M) + 1.$$

**Цефеиды – это звёзды-сверхгиганты**, они обладают высокой светимостью. Светимость цефеиды с периодом 50 суток в 10 тыс. раз больше, чем у Солнца.

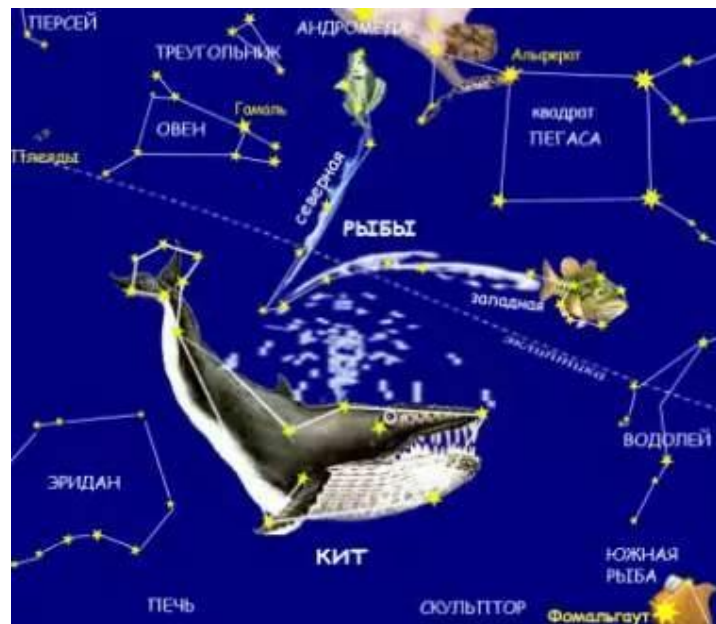
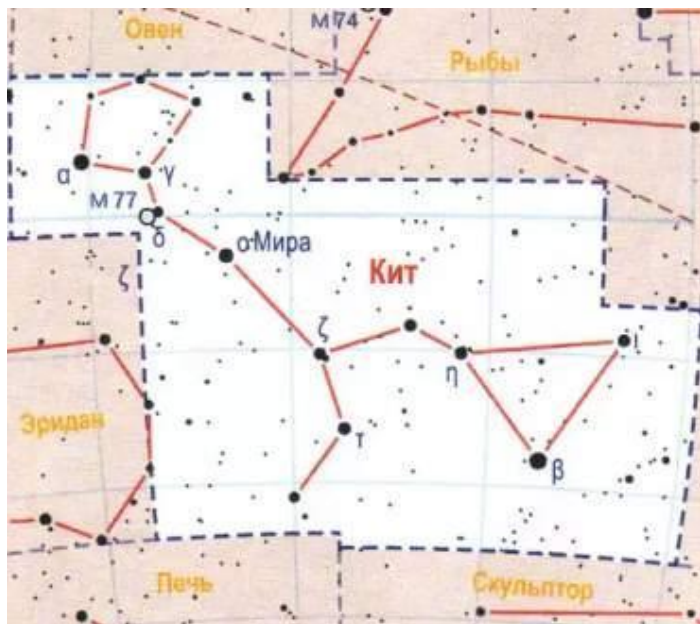
Они заметны даже в других галактиках, поэтому цефеиды, которые можно использовать для определения таких больших расстояний, когда годичный параллакс невозможно измерить, часто называют «маяками Вселенной».



Звёзды, пульсация которых происходит с периодом, большим, чем у цефеид, называются **долгопериодическими**.

Период изменения светимости у них не выдерживается так строго, как у цефеид, и составляет в среднем от нескольких месяцев до полутора лет, а светимость меняется очень значительно – на несколько звёздных величин.

Эти звёзды типа Миры (о Кита) являются красными гигантами с весьма протяжённой и холодной атмосферой.



Первую пульсирующую переменную открыл в 1596 году Фибрициус в созвездии Кита. Он назвал ее Мирой, что означает «чудесная, удивительная».

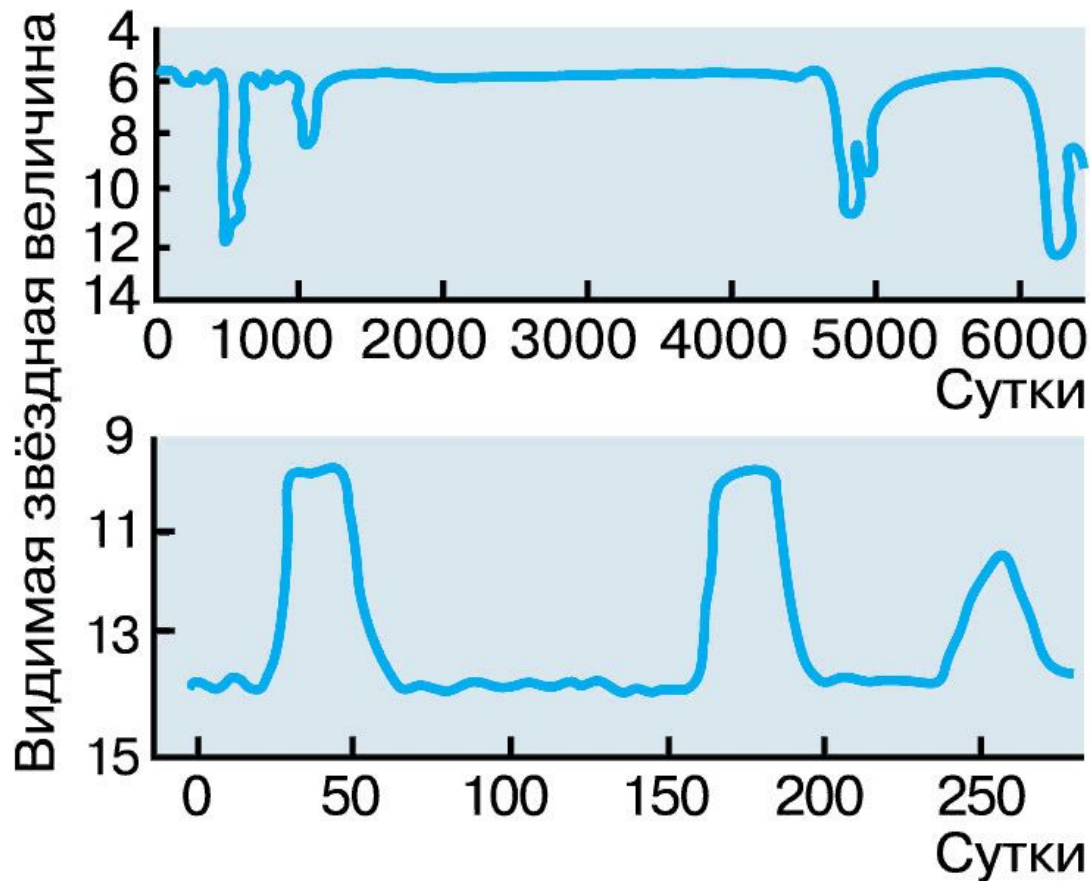
В максимуме Миры хорошо видна невооруженным глазом, ее видимая звездная величина  $2^m$ , в период минимума она уменьшается до  $10^m$  и видна только в телескоп.

Средний период переменности Миры - 332 суток.



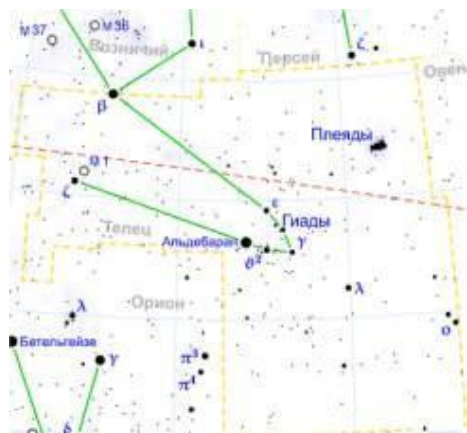
У некоторых звёзд, светимость которых долгое время оставалась практически постоянной, она вдруг неожиданно падает, а через некоторое время опять восстанавливается на прежнем уровне.

Поскольку в атмосферах таких звёзд наблюдается повышенное содержание углерода, принято считать, что причиной уменьшения светимости является образование гигантских облаков сажи, поглощающих свет.



Кривые блеска неправильных переменных звёзд

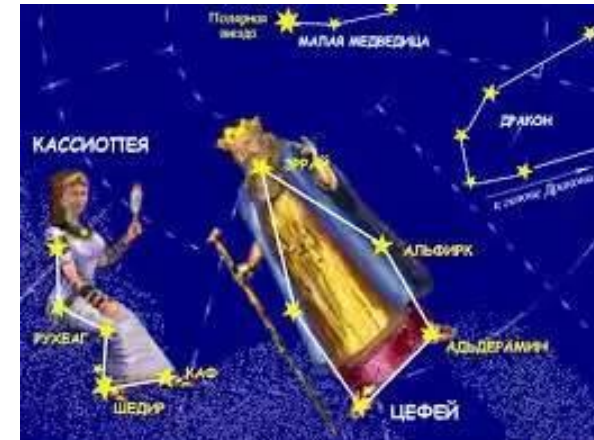
# Новые и сверхновые звёзды



В китайских и японских хрониках сохранились сведения о «звезде-гостье», которая вспыхнула **в созвездии Тельца** в 1054 году и в течение трёх недель была видна днём, а через год совершенно «исчезла».



В 1572 г. учитель Кеплера Тихо Браге наблюдал **в созвездии Кассиопеи** новую звезду, которая была ярче Венеры.



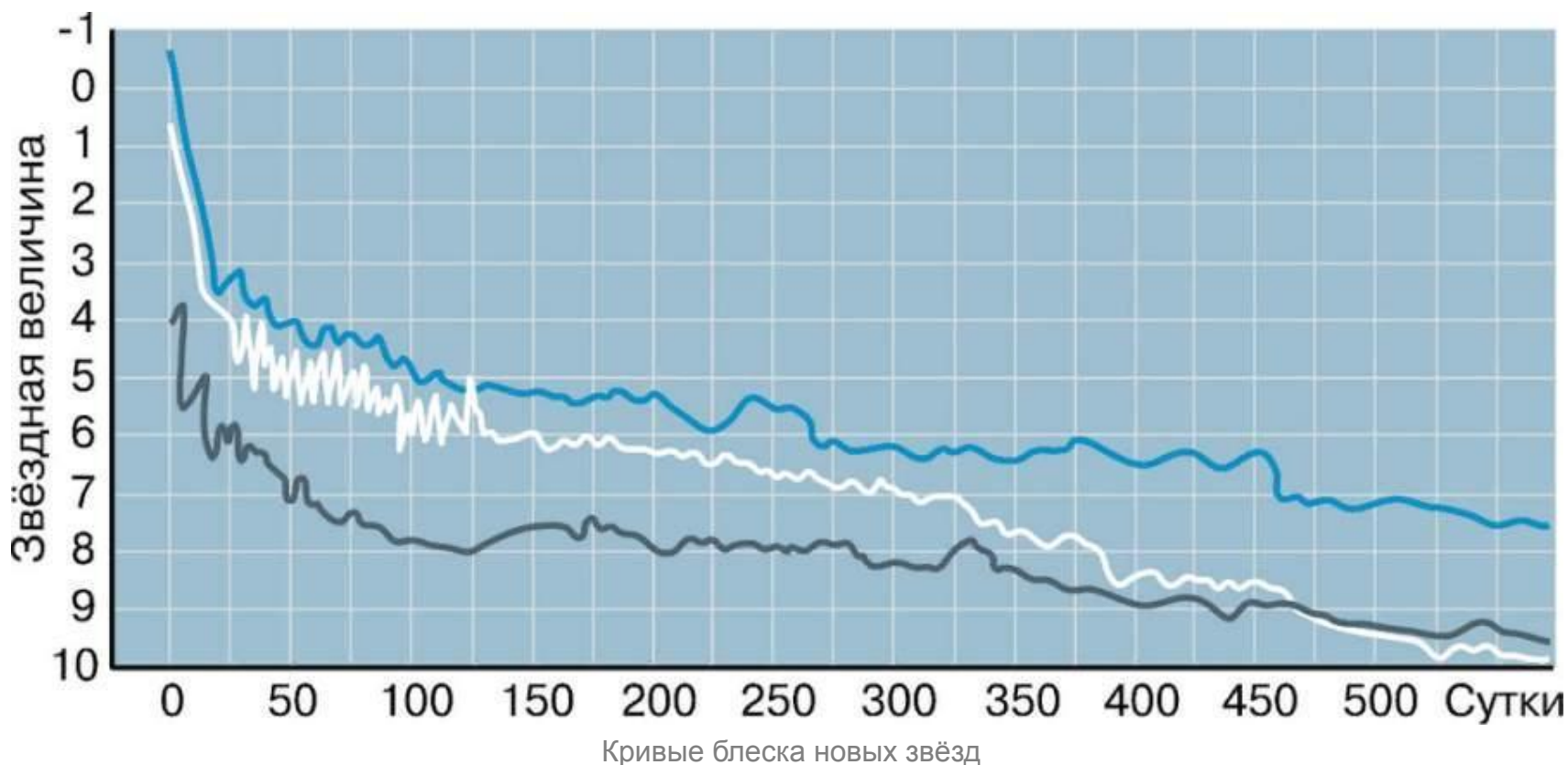
В 1604 г. уже сам Кеплер наблюдал новую звезду **в созвездии Змееносца**.



В настоящее время различают **новые** и **сверхновые** вспыхивающие звёзды.

**У новых звёзд светимость возрастает на 12–13 звёздных величин и выделяется энергия до  $10^{39}$  Дж.**

Звезда приобретает максимальную яркость всего за несколько суток, а ослабление до первоначального значения светимости может длиться годами

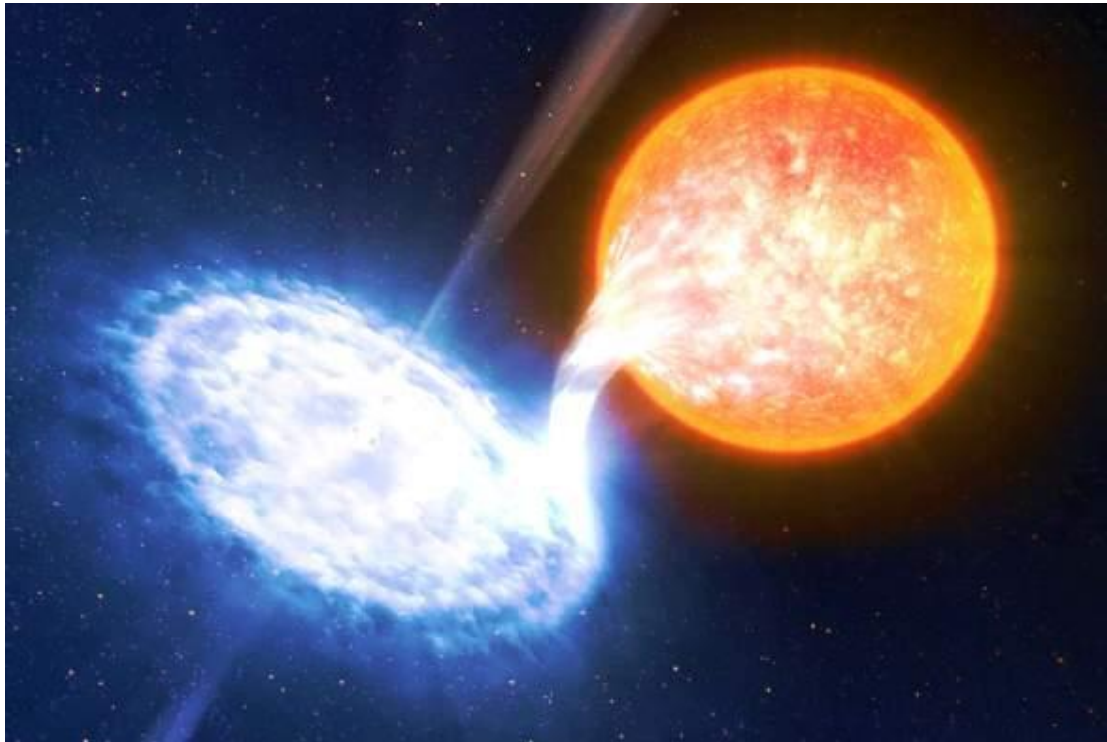


Долгое время причины вспышек новых звёзд оставались непонятными.

В 1954 г. было обнаружено, что одна из новых звёзд (DQ Геркулеса) является двойной с периодом обращения всего 4 ч 39 мин. Один из компонентов – белый карлик, а другой – красная звезда главной последовательности.

Из-за их близкого расположения на белый карлик перетекает газ из атмосферы красного карлика. Создаются условия для начала термоядерных реакций превращения водорода в гелий. Внешние слои звезды, составляющие небольшую часть её массы, расширяются и выбрасываются в космическое пространство.

Их свечение и наблюдается как **вспышка новой звезды**.

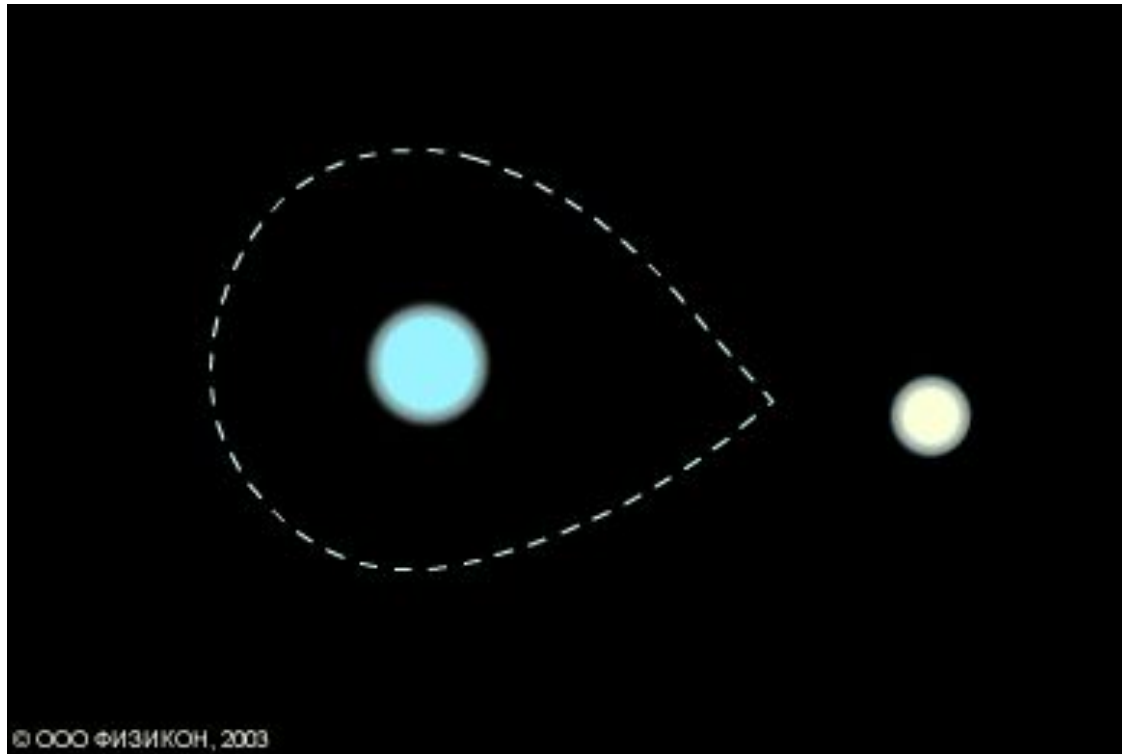


Но в некоторых случаях такой процесс может привести к катастрофе.

Если при перетекании вещества масса белого карлика превысит предельную (примерно 1,4 массы Солнца), то происходит взрыв.

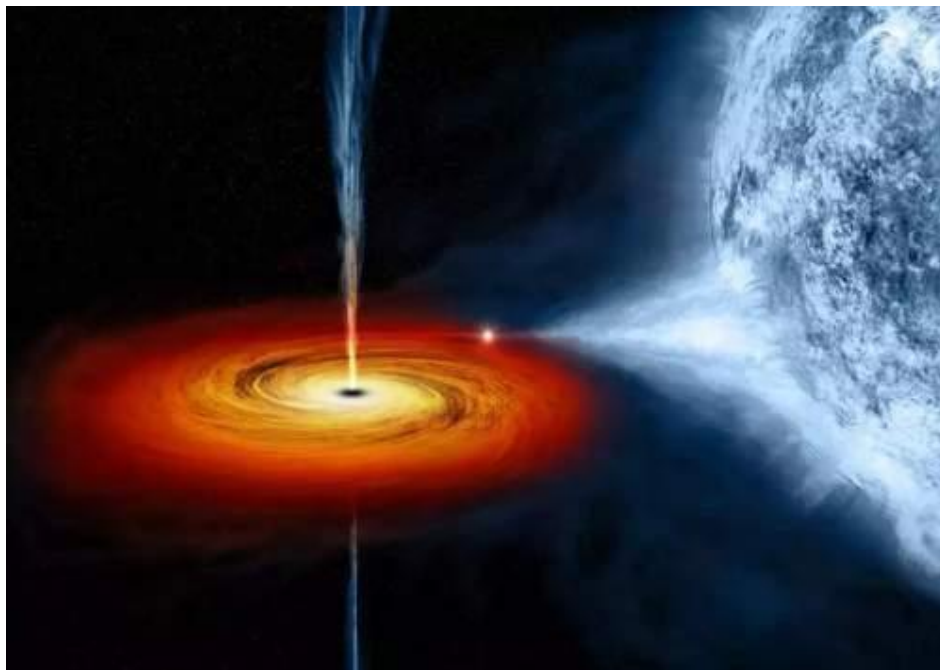
Термоядерные реакции превращения углерода и кислорода в железо и никель, которые идут с огромной скоростью, могут полностью разрушить звезду.

Происходит **вспышка сверхновой**.



В 1967 году в созвездии Лисички группа английских радиоастрономов обнаружила источник необычных радиосигналов: импульсы продолжительностью около 0,3 с повторялись через каждые 1,34 с, причём периодичность импульсов выдерживалась с точностью до  $10^{-10}$  с. Так был открыт первый пульсар, которых в настоящее время известно уже около 500.



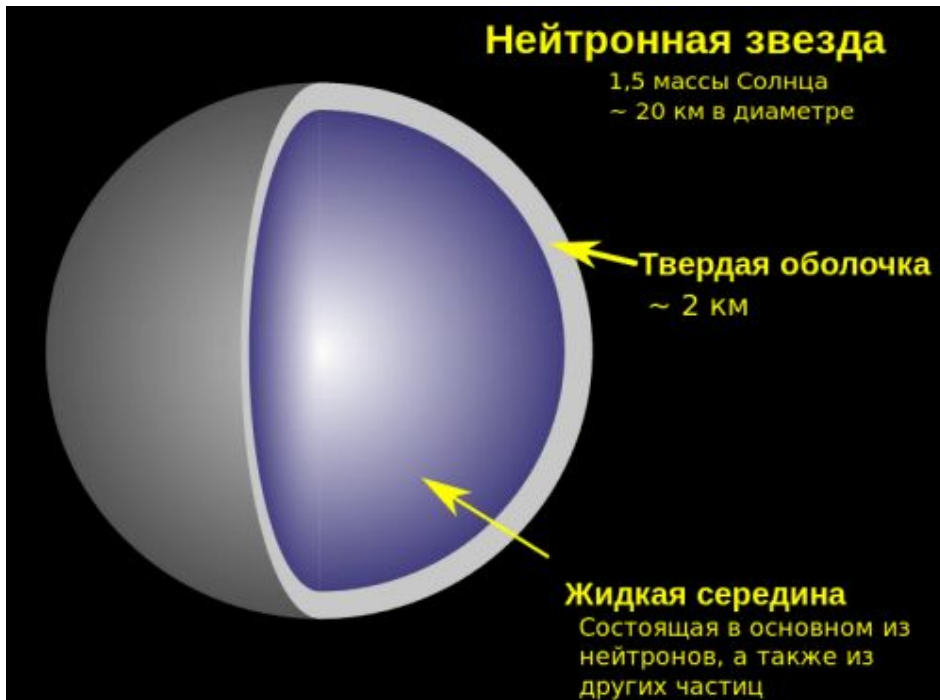


Сразу же после открытия пульсаров было высказано предположение о том, что они являются быстровращающимися **нейтронными звёздами**.

Излучение пульсара, которое испускается в узком конусе, наблюдатель видит лишь в том случае, когда при вращении звезды этот конус направлен на него подобно свету маяка.

Вещество пульсаров состоит из нейтронов, образовавшихся при соединении протонов с электронами, тесно прижатых друг к другу гравитационными силами.

Диаметры таких нейтронных звёзд всего 20–30 км, а плотность близка к ядерной и может превышать  $10^{18}$  кг/м<sup>3</sup>.







Изображение Крабовидной туманности в условных цветах (синий — рентгеновский, красный — оптический диапазон).  
В центре туманности — пульсар

Исследования показали, что **пульсары** являются остатками сверхновых звёзд.

Один из пульсаров был обнаружен в **Крабовидной туманности**, которая наблюдается на месте вспышки сверхновой в 1054 году.

Его излучение в оптическом, радио- и рентгеновском диапазонах излучения меняется с периодом, равным 0,033 с.



Наиболее уникальные объекты, получившие название **чёрных дыр**, должны возникать, согласно теории, на конечной стадии эволюции звёзд, масса которых значительно превышает солнечную.

У объекта такой массы, который сжимается до размеров в несколько километров, поле тяготения оказывается столь сильным, что вторая космическая скорость в его окрестности должна была бы превышать скорость света.

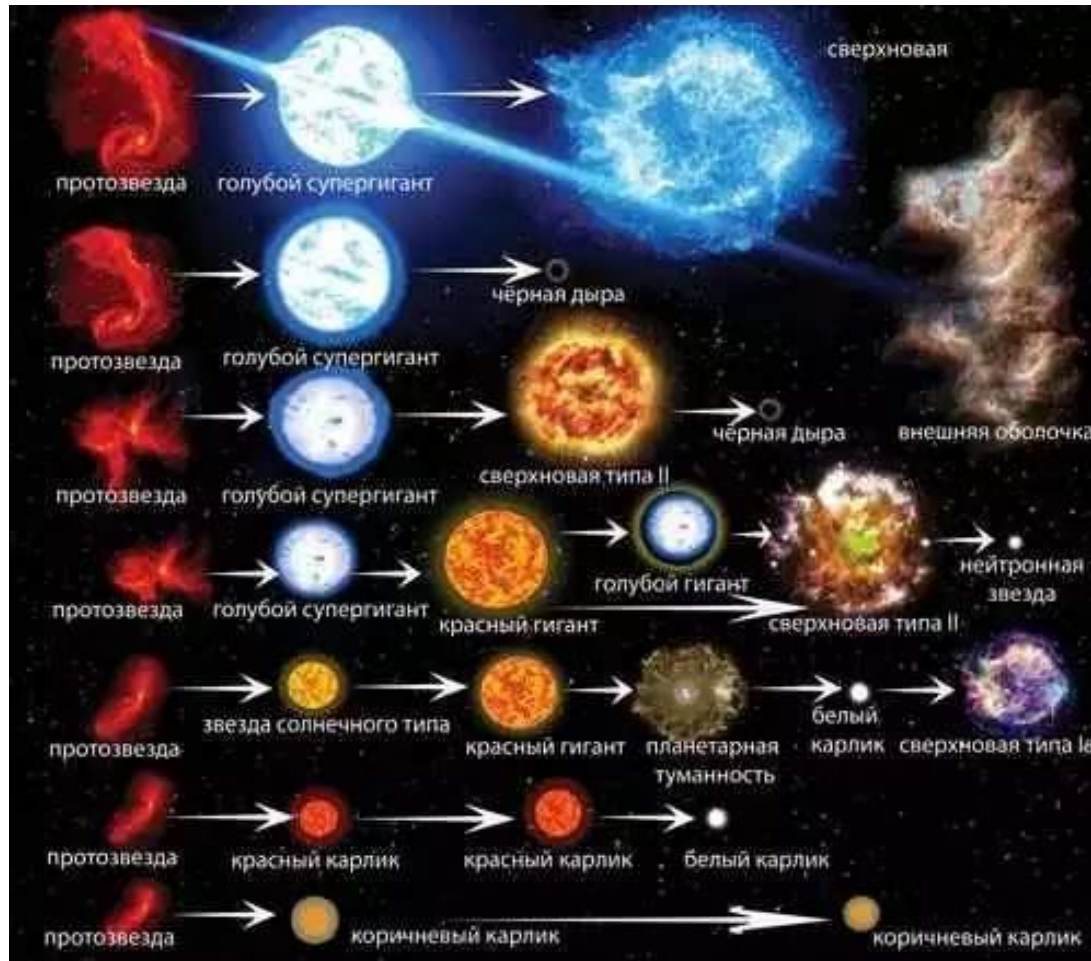


Чёрную дыру не могут покинуть ни частицы, ни даже излучение – она становится невидимой.

## Белые карлики, нейтронные звёзды и чёрные дыры

являются конечными стадиями эволюции звёзд различной массы.

Из вещества, которое было потеряно ими, в последующем могут образовываться **звёзды нового поколения.**



Процесс формирования и развития звёзд рассматривается как один из важнейших процессов эволюции звёздных систем – галактик – и Вселенной в целом.

## Вопросы

1. Перечислите известные вам типы переменных звезд.
2. Перечислите возможные конечные стадии эволюции звезд.
3. В чем причина изменения блеска цефеид?
4. Почему цефеиды называют «маяками Вселенной»?
5. Что такое пульсары?
6. Может ли Солнце вспыхнуть, как новая или сверхновая звезда? Почему?