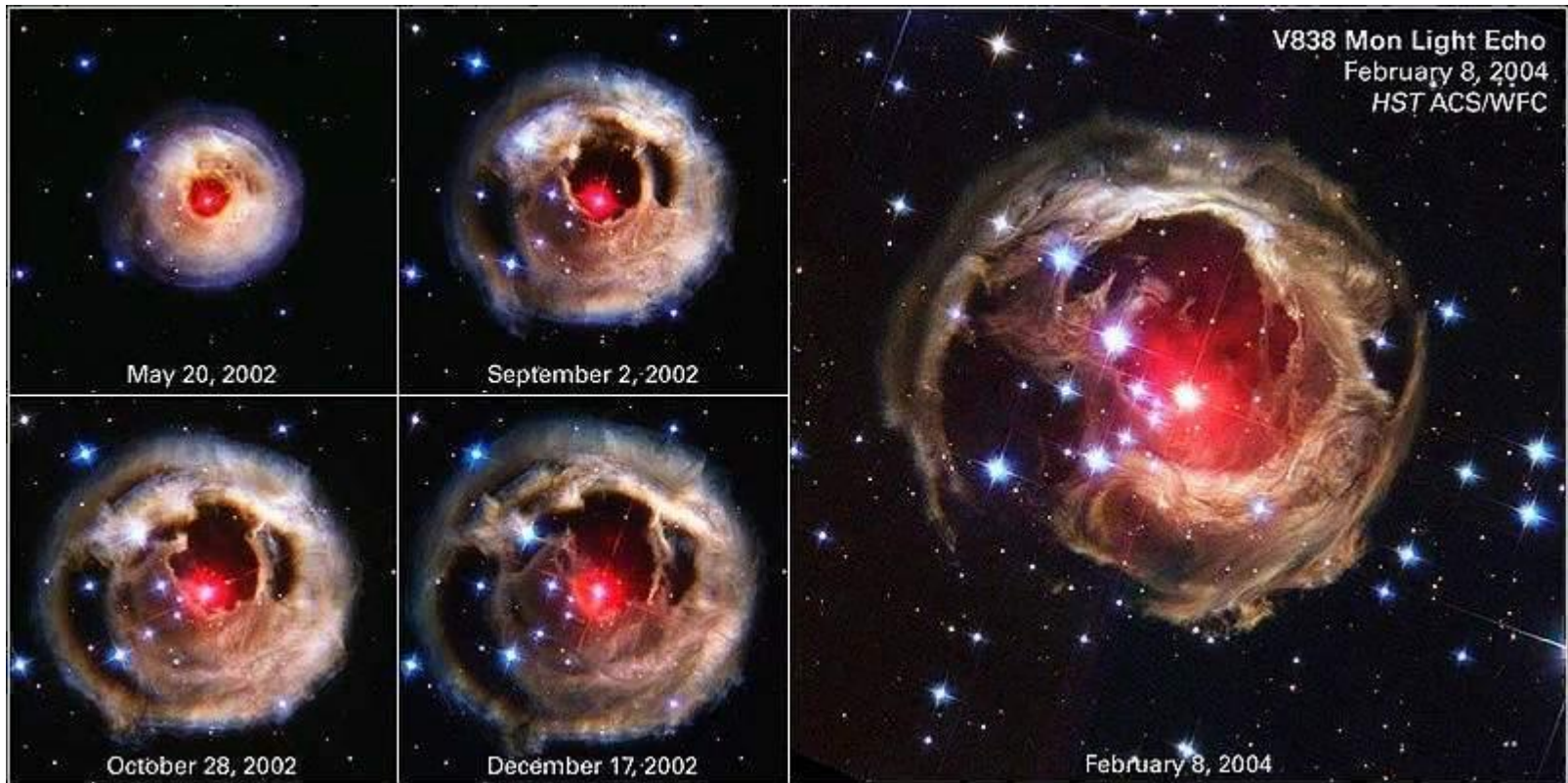


A cosmic scene featuring a bright star with a nebula and a field of distant stars. The background is a dark, star-filled sky. In the upper left, a bright star is surrounded by a colorful nebula with shades of orange, red, and blue. The rest of the sky is filled with numerous smaller, distant stars of various colors and brightness.

# **ПЕРЕМЕННЫЕ И НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЗВЁЗДЫ**

# Пульсирующие переменные

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

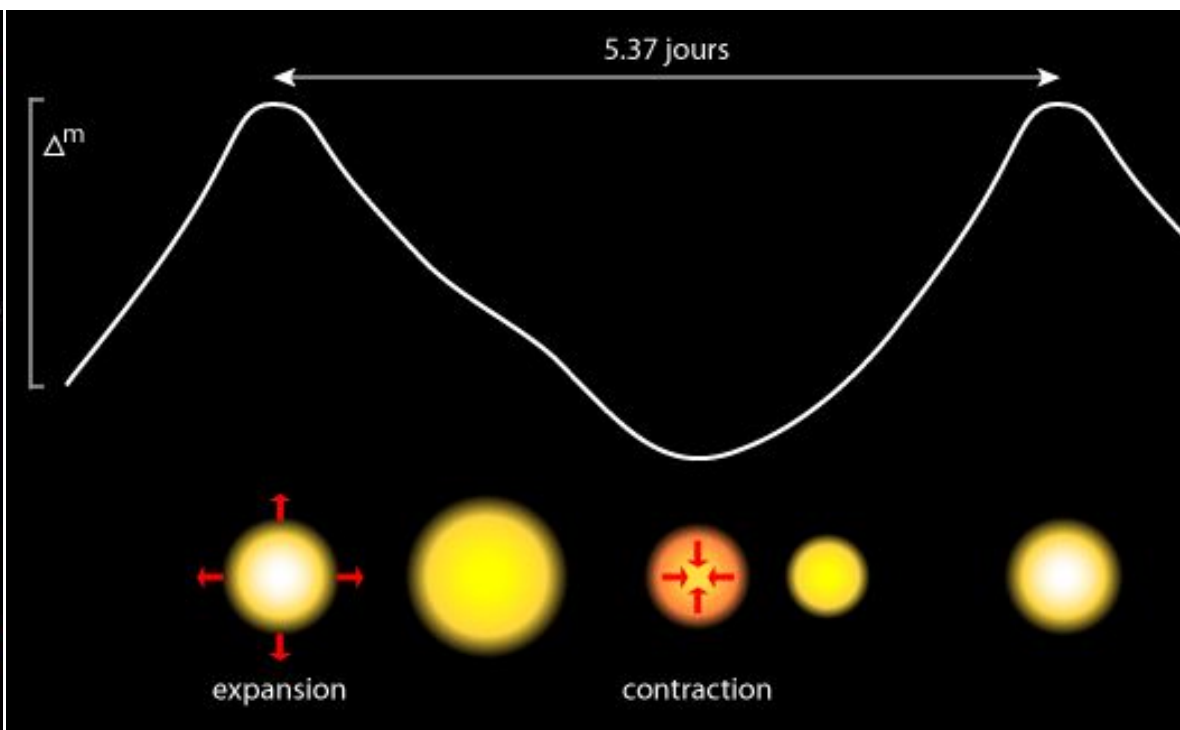
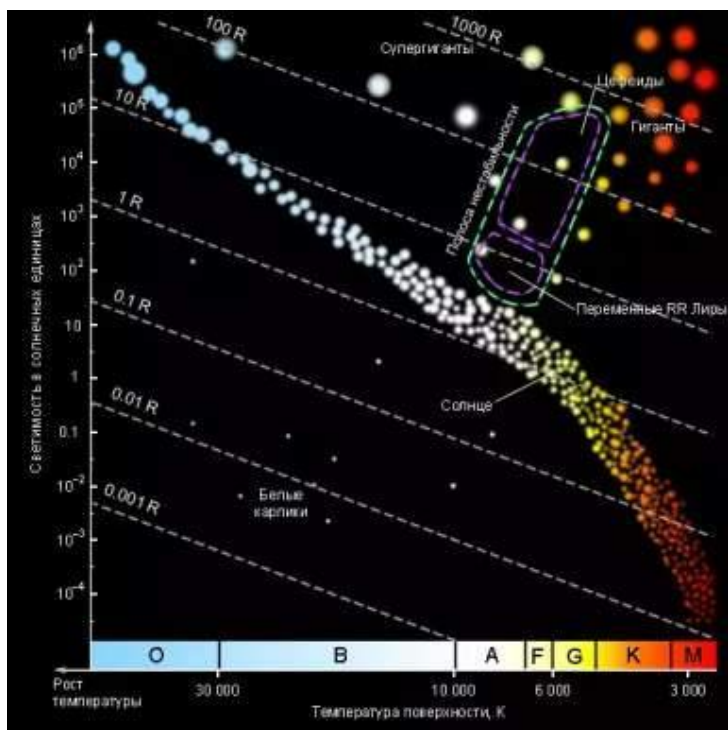


Красная переменная звезда V838 Monocerotis

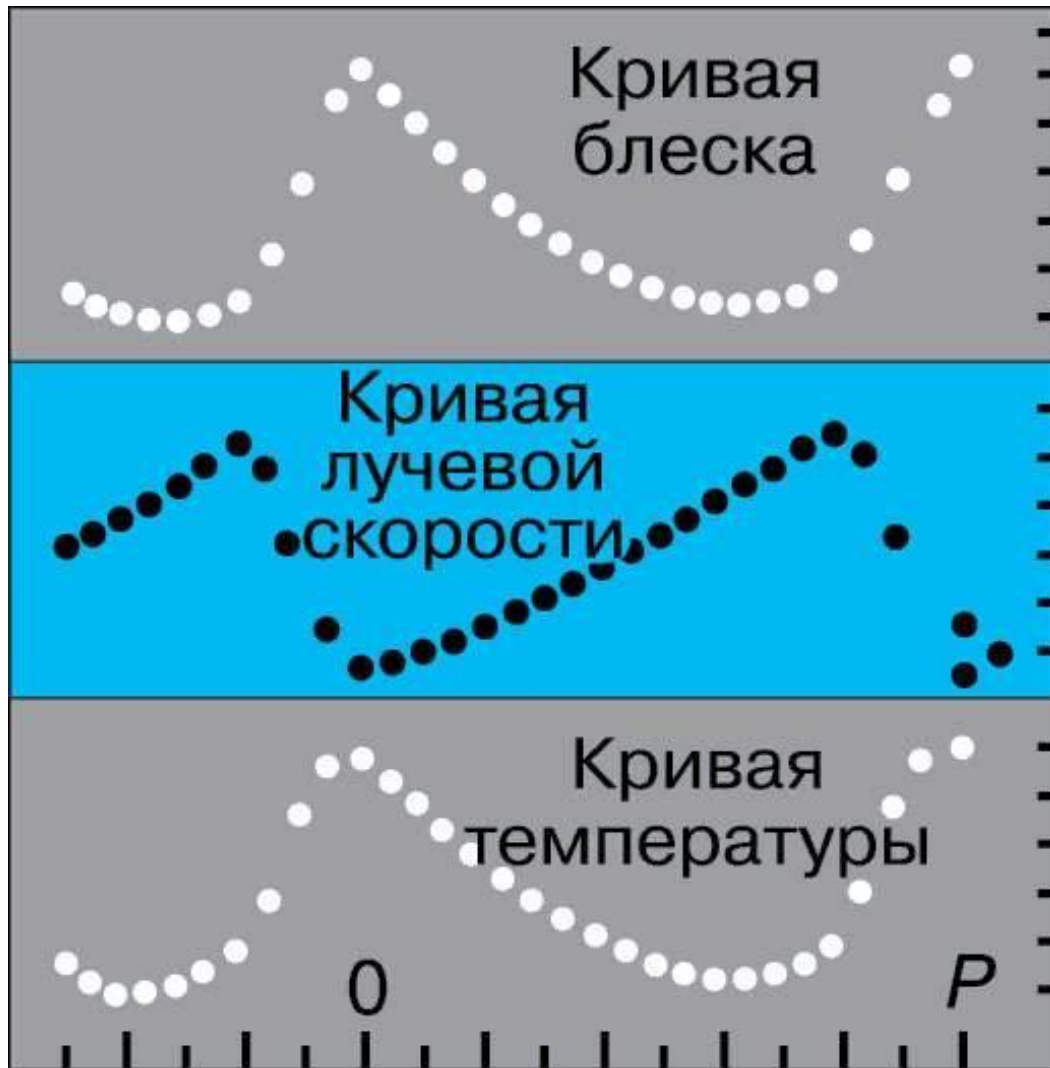
**Физические переменные звёзды** – это звёзды, у которых светимость меняется в результате различных процессов, происходящих на самой звезде. В настоящее время известно несколько десятков тысяч переменных звёзд различных типов.

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

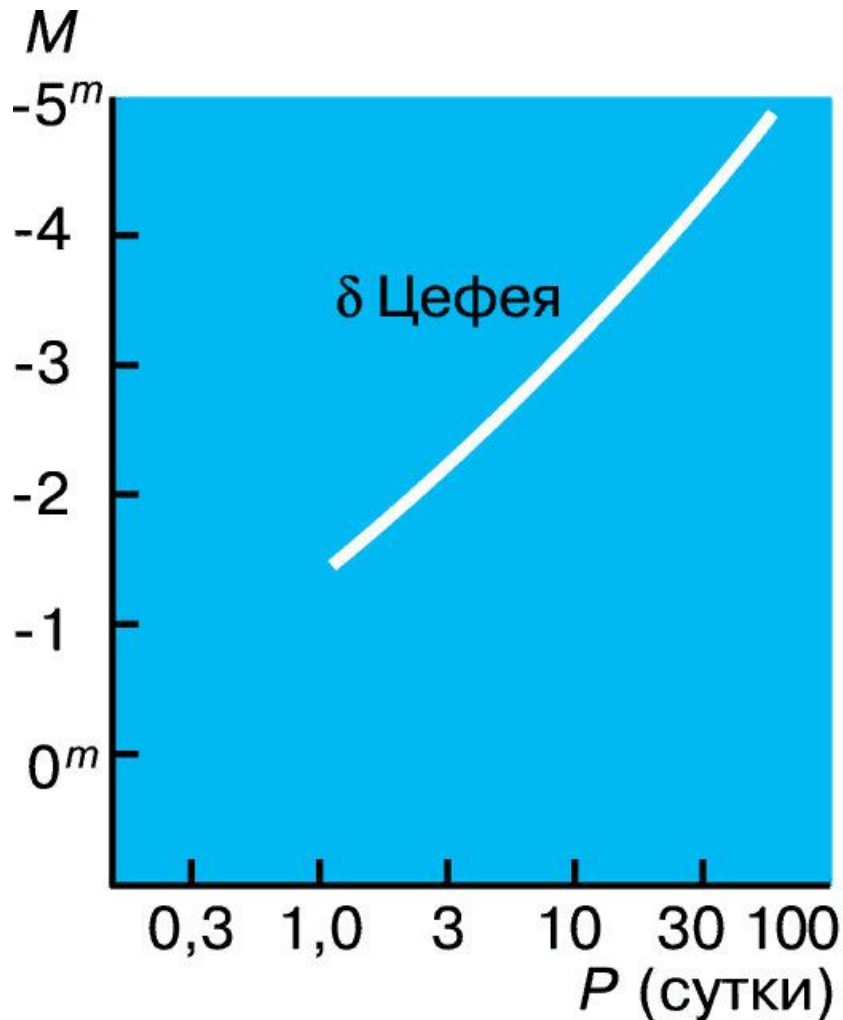
Изучение спектров цефеид показало, что изменение светимости сопровождается изменениями температуры и лучевой скорости.

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.

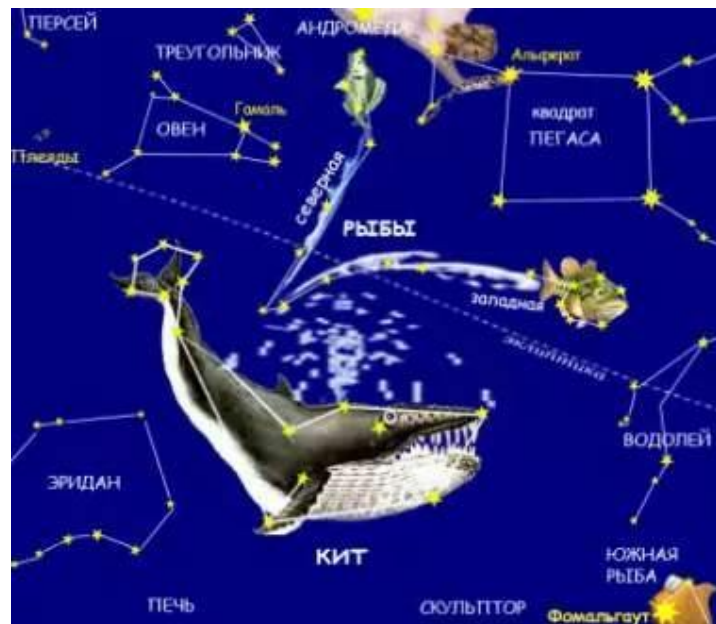
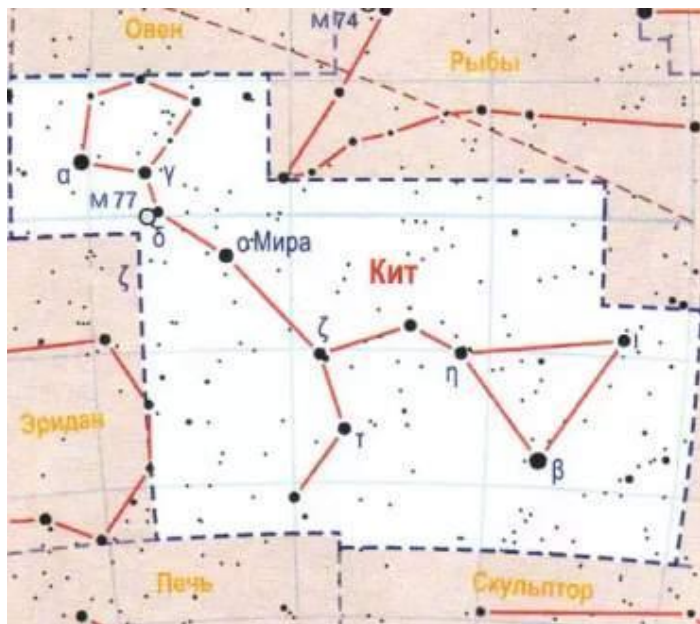
Они заметны даже в других галактиках, поэтому цефеиды, которые можно использовать для определения таких больших расстояний, когда годичный параллакс невозможно измерить, часто называют «маяками Вселенной».



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».

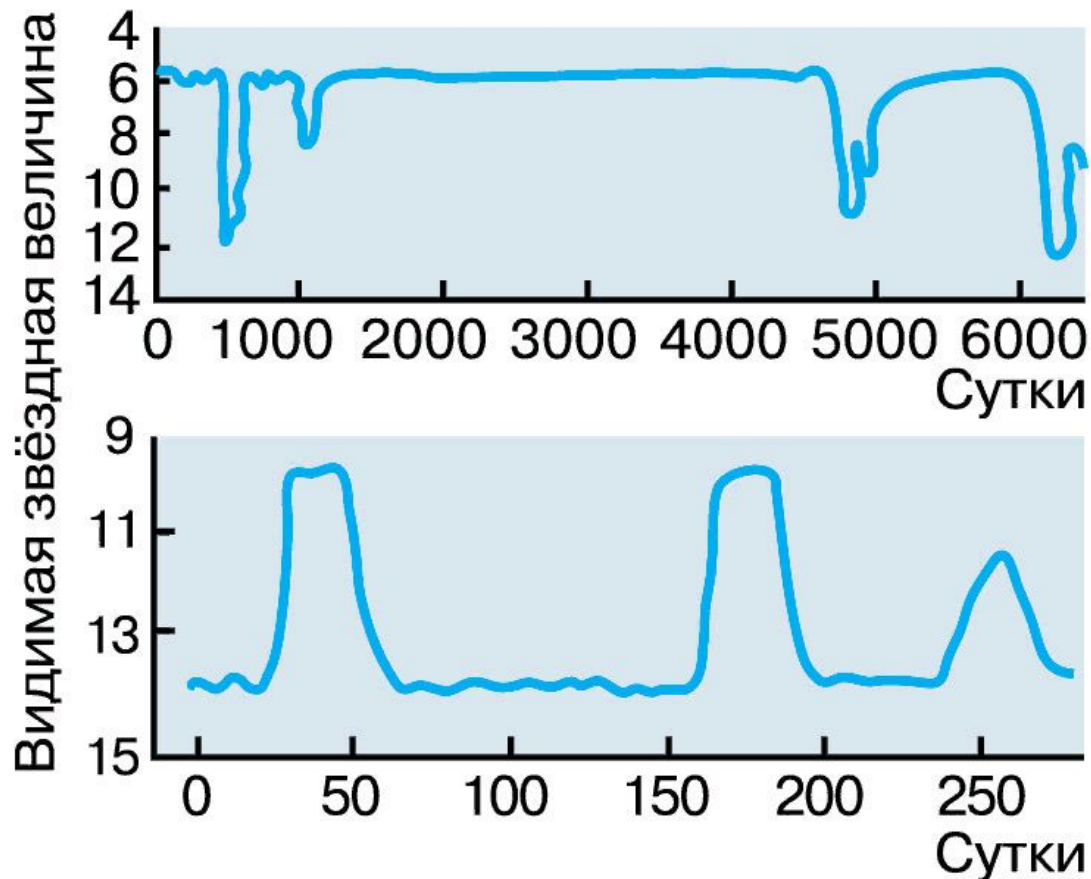
В максимуме Миры хорошо видна невооруженным глазом, ее видимая звездная величина  $2^m$ , в период минимума она уменьшается до  $10^m$  и видна только в телескоп.

Средний период переменности Миры - 332 суток.



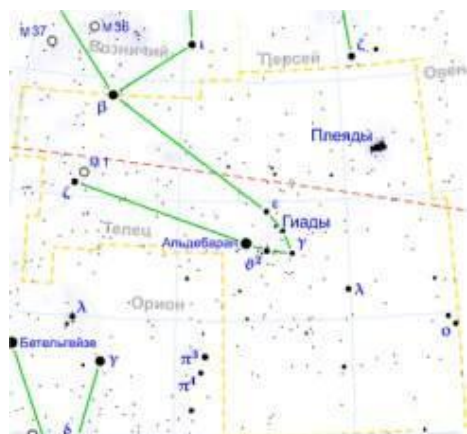
У некоторых звёзд, светимость которых долгое время оставалась практически постоянной, она вдруг неожиданно падает, а через некоторое время опять восстанавливается на прежнем уровне.

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

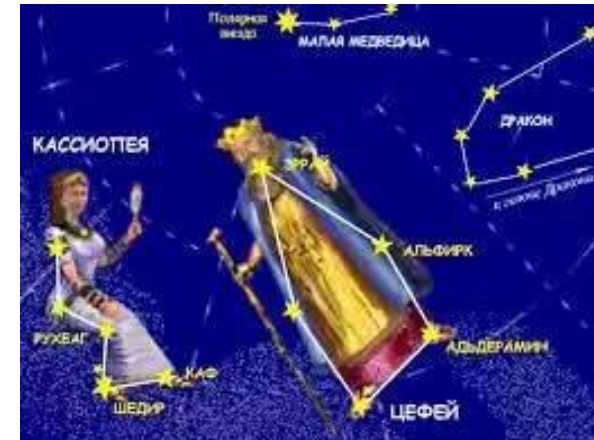
# Новые и сверхновые звёзды



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.



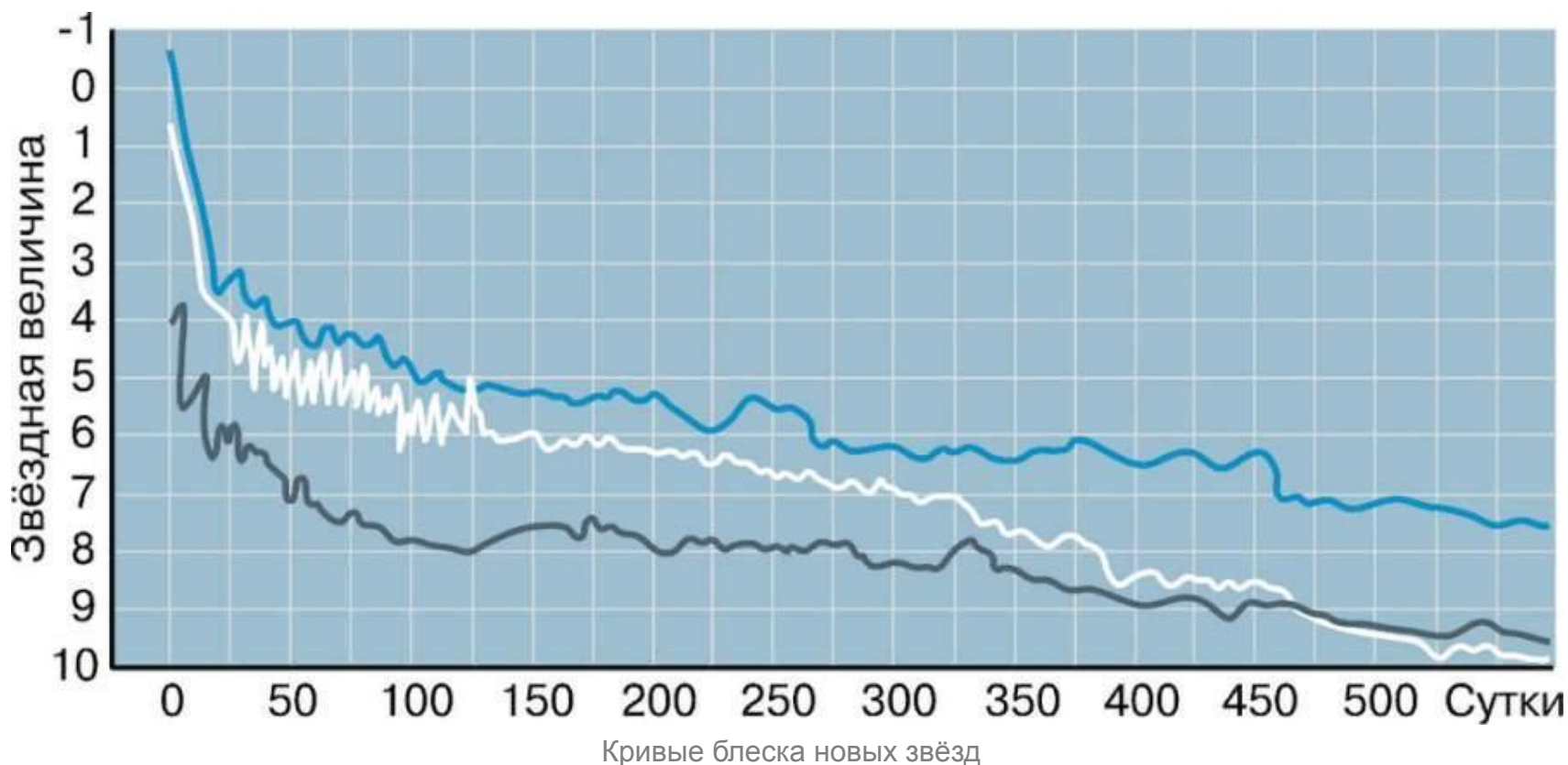
В 1604 г. уже сам Кеплер наблюдал новую звезду **в созвездии Змееносца**.



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

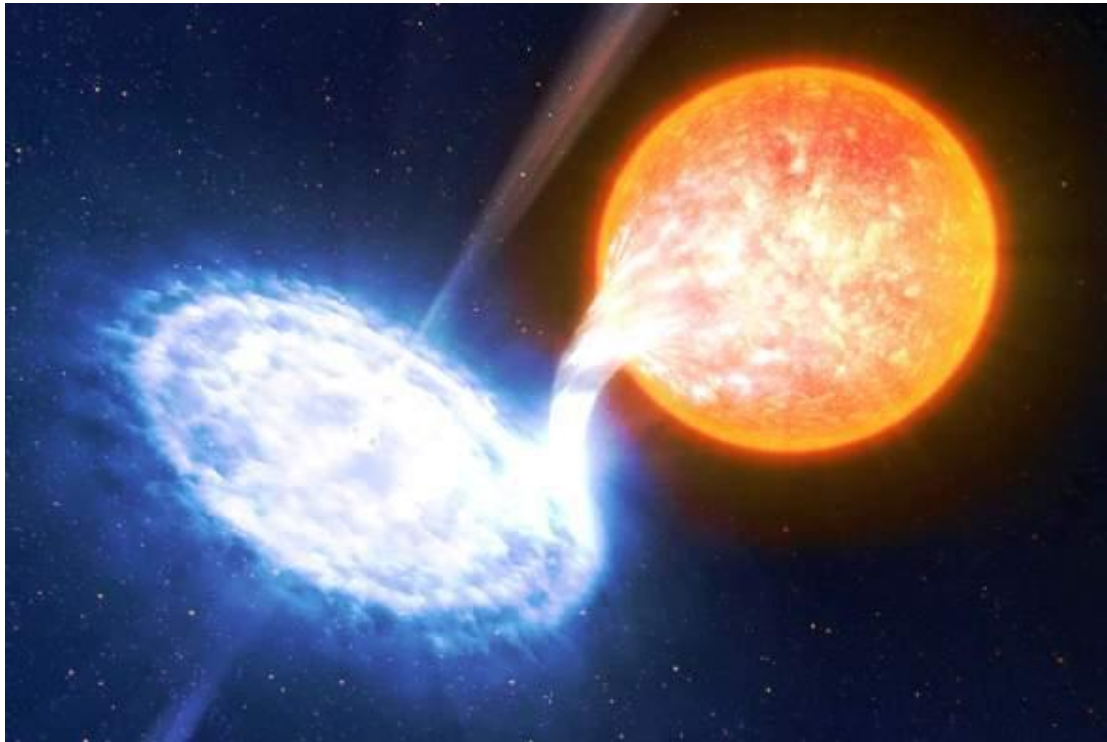


Долгое время причины вспышек новых звёзд оставались непонятными.

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**.



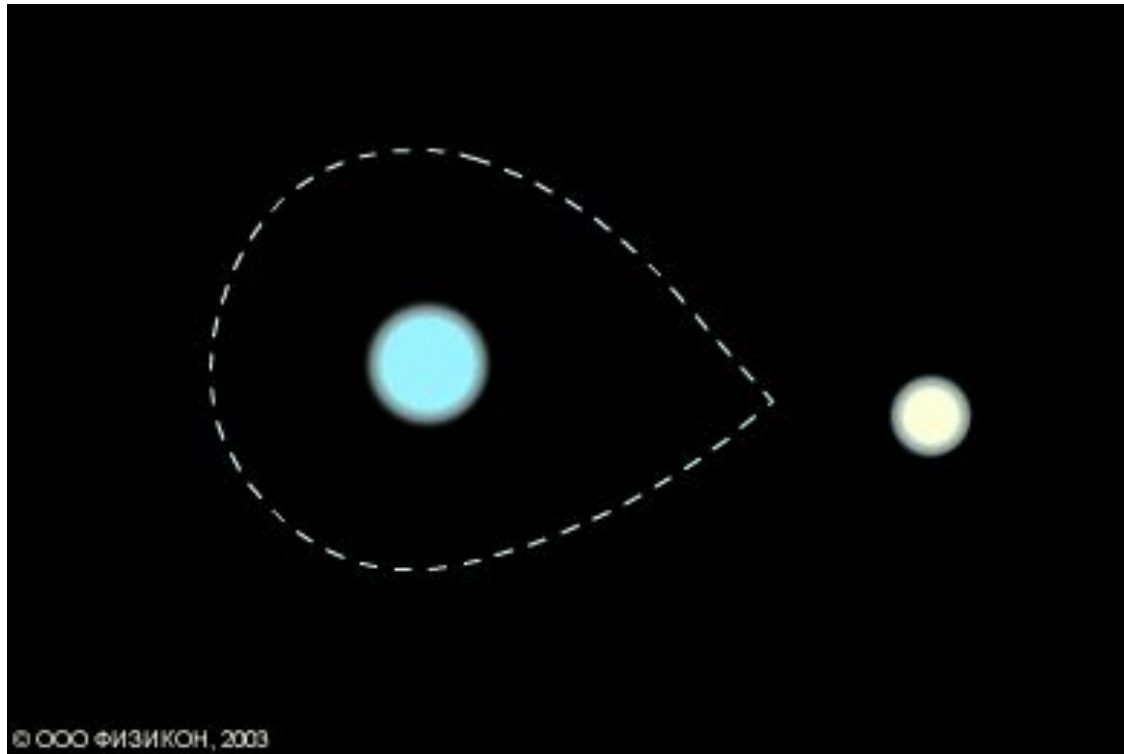


Но в некоторых случаях такой процесс может привести к катастрофе.

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

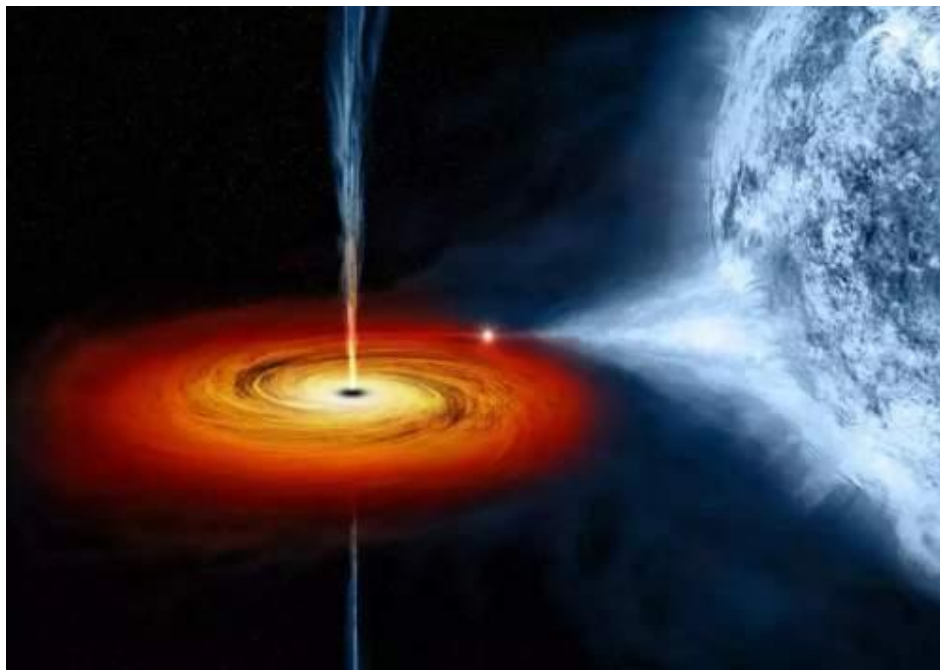
Термоядерные реакции превращения углерода и кислорода в железо и никель, которые идут с огромной скоростью, могут полностью разрушить звезду.

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.



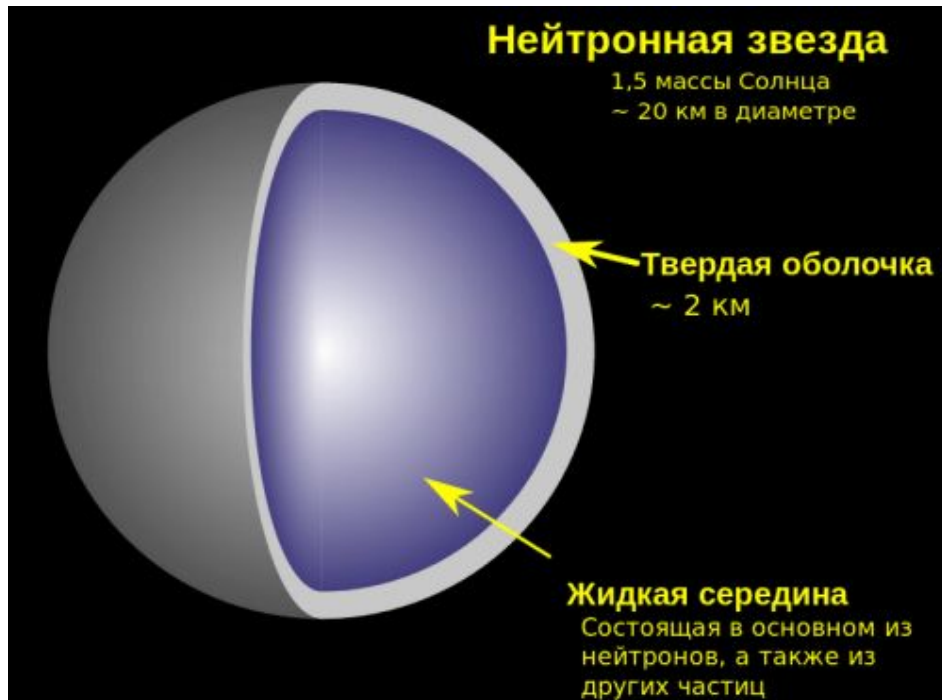


Сразу же после открытия пульсаров было высказано предположение о том, что они являются быстровращающимися **нейтронными звёздами**.

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.



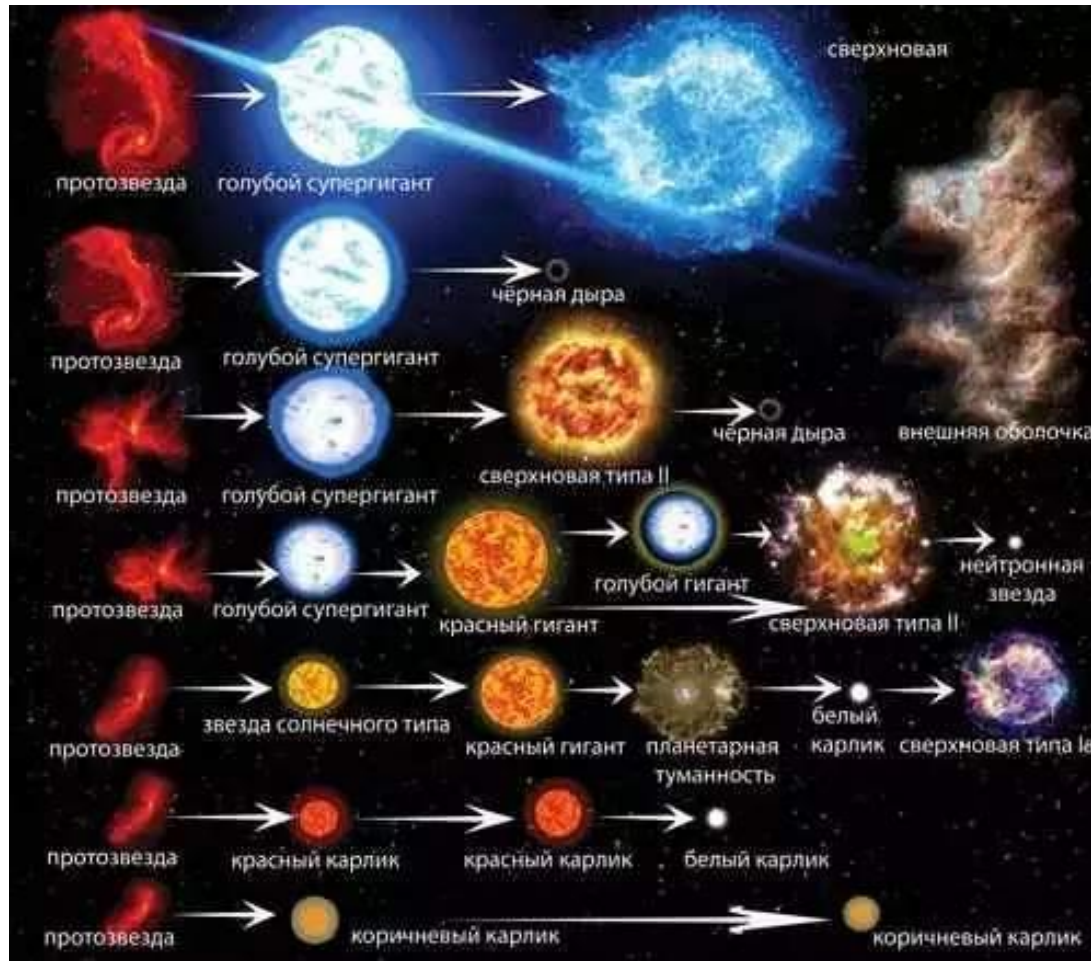
Чёрную дыру не могут покинуть ни частицы, ни даже излучение – она становится невидимой.



## 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?