

# Звездные системы

# 1. ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

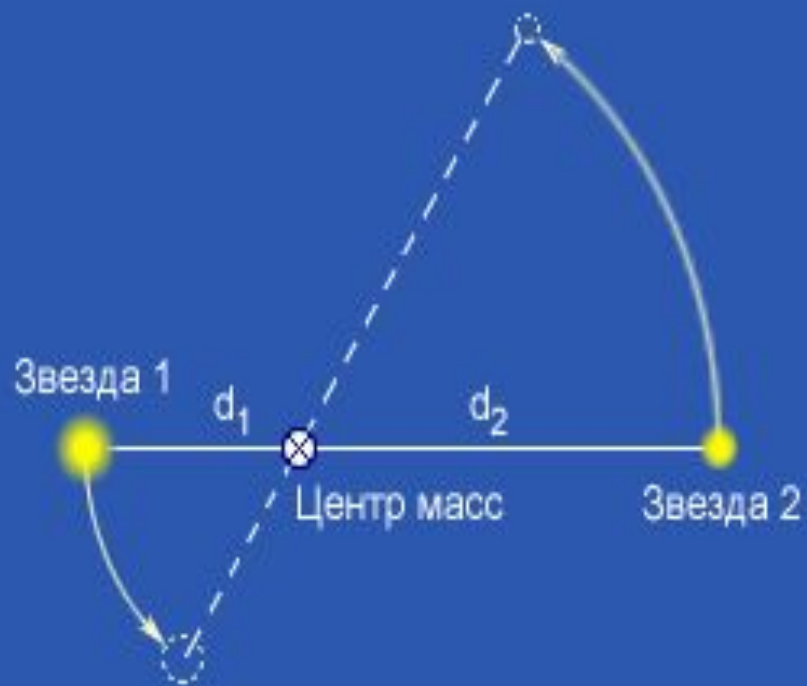
Я долго стоял неподвижно,  
В далекие звезды вглядясь, -  
Меж теми звездами и мною  
Какая-то связь родилась.  
Я думал...не помню, что думал;  
Я слушал таинственный хор,  
И звезды тихонько дрожали,  
И звезды люблю я с тех пор.



А. Фет

**ДВОЙНАЯ ЗВЕЗДА** – совокупность двух звезд, обращающиеся по эллиптическим орбитам вокруг общего центра масс под действием сил тяготения.

Приблизительно половина всех "звезд" на самом деле - двойные или кратные (несколько, не менее 3-х звезд) системы, хотя многие из них расположены так близко, что компоненты по отдельности наблюдать невозможно.



# Двойные звезды

визуально-двойные

оптически-  
двойные

спектрально-  
двойные

затменно-двойные

# Визуально-двойные звезды

- Визуально-двойными называются звезды, двойственность которых может быть замечена при непосредственных наблюдениях в телескоп
- Примером служит Алькор и Мицар
- Системы с числом звезд  $n \geq 3$  называются **кратными**

# Сириус - это тройная звезда



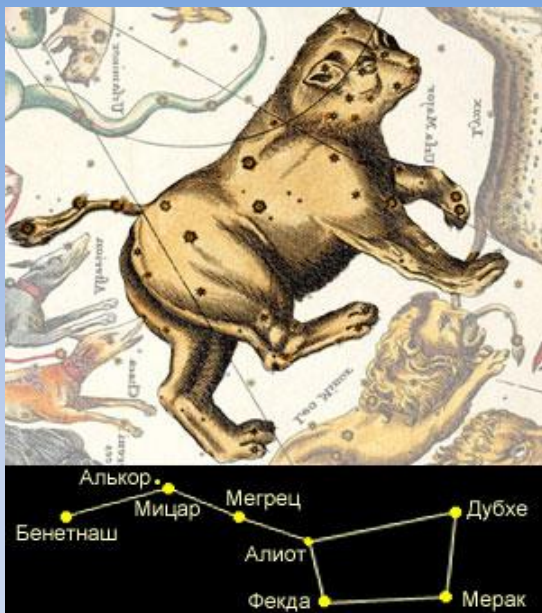
**Сириус А** - главная звезда в расцвете сил

**Сириус В (Щенок)** - белый карлик

**Сириус С** - красно-коричневый карлик



# Оптически двойные звезды

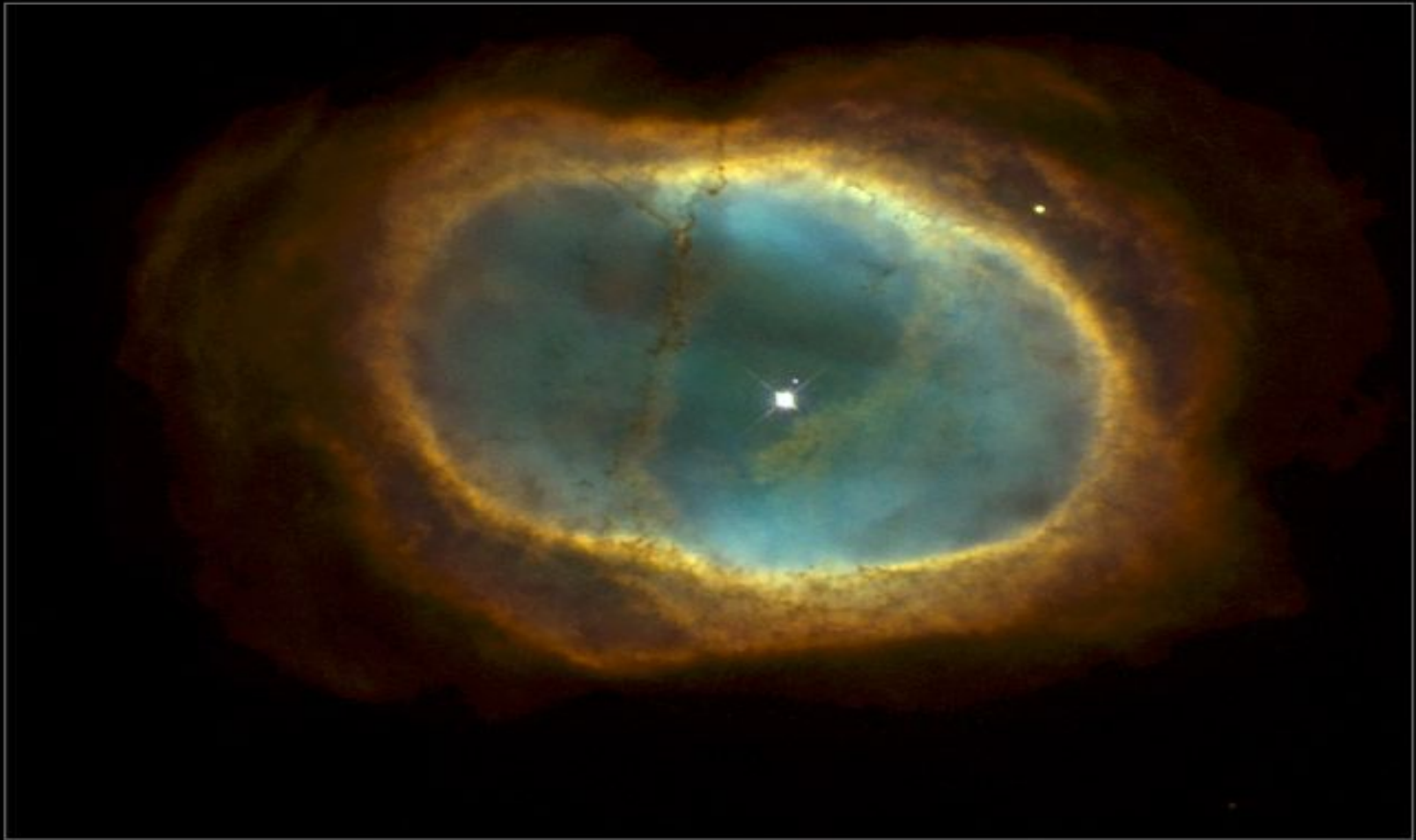


Близость таких двух звезд является результатом случайной проекции их на небо. На самом деле они далеки друг от друга.

Если при наблюдении звезд они образуют единую систему и обращаются вокруг общего центра масс под действием сил тяготения, то их называют **физическими двойными**.

# Планетарная туманность NGC 3132: в центре двойная звезда

Planetary Nebula NGC 3132



Hubble  
Heritage

# Системы звёзд



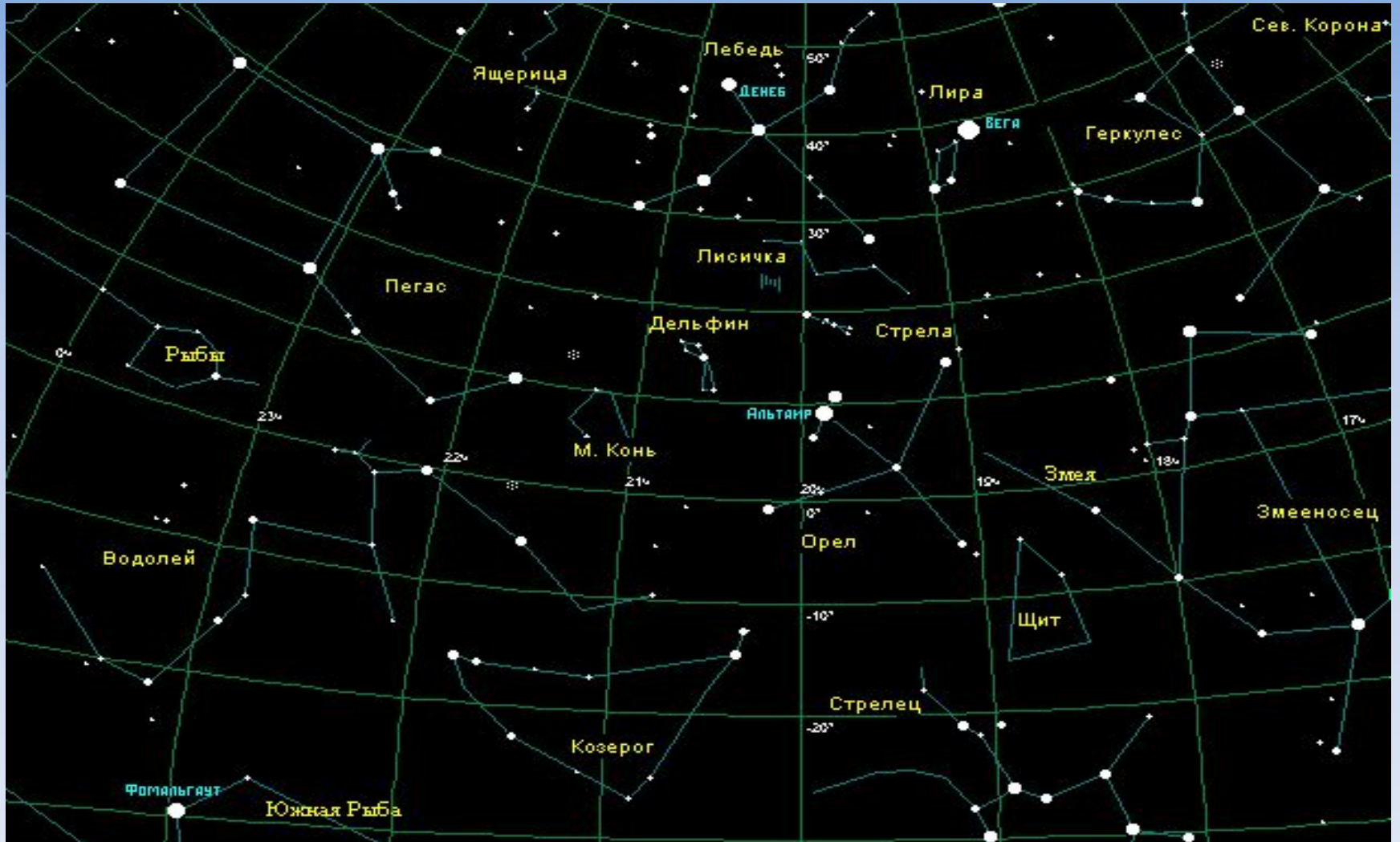
# Пример кратной системы в созвездии $\alpha$ -Центавра



# Альбирео: яркая и красивая двойная звезда

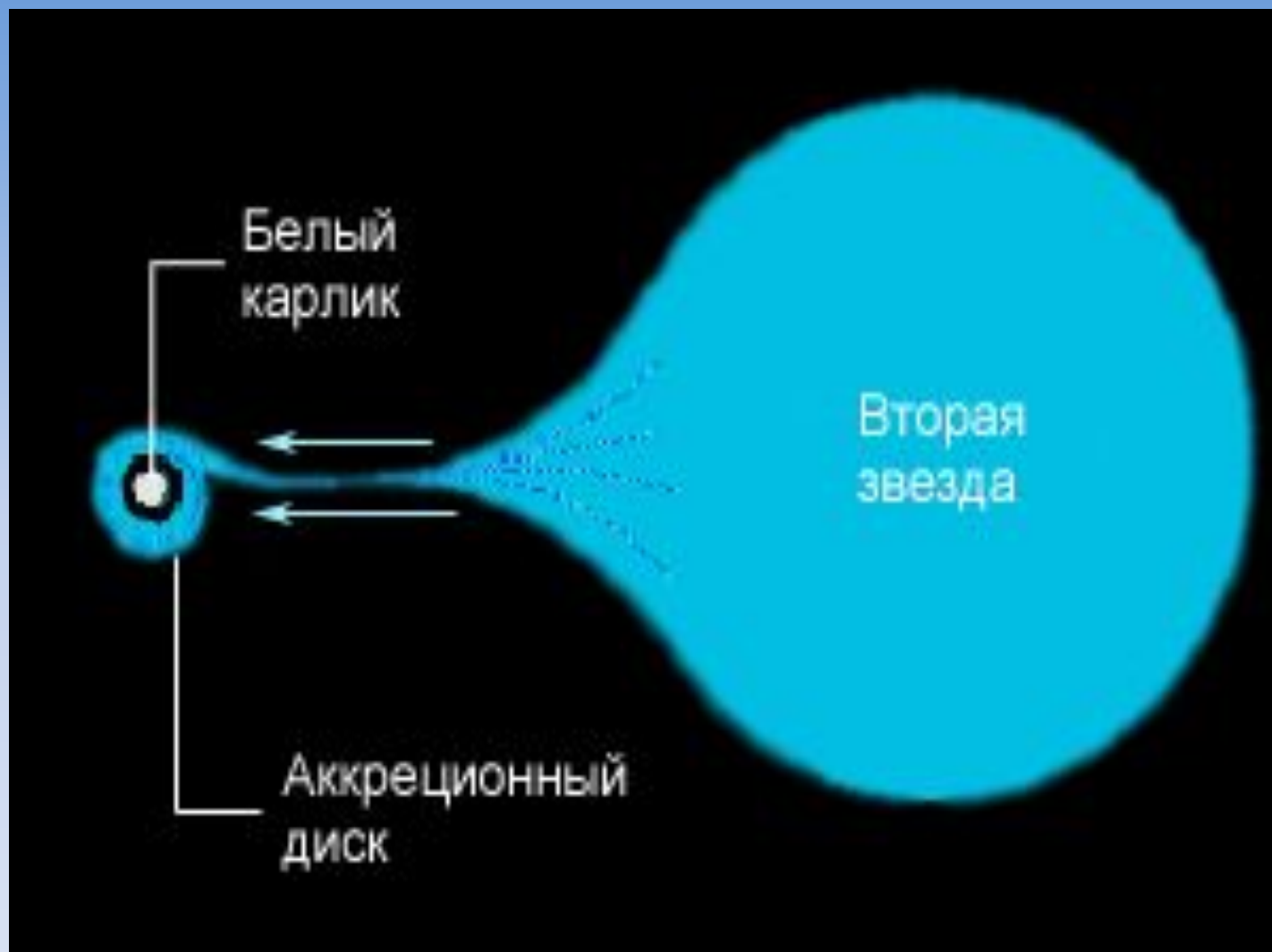


# Альбирео — в созвездии Лебедя

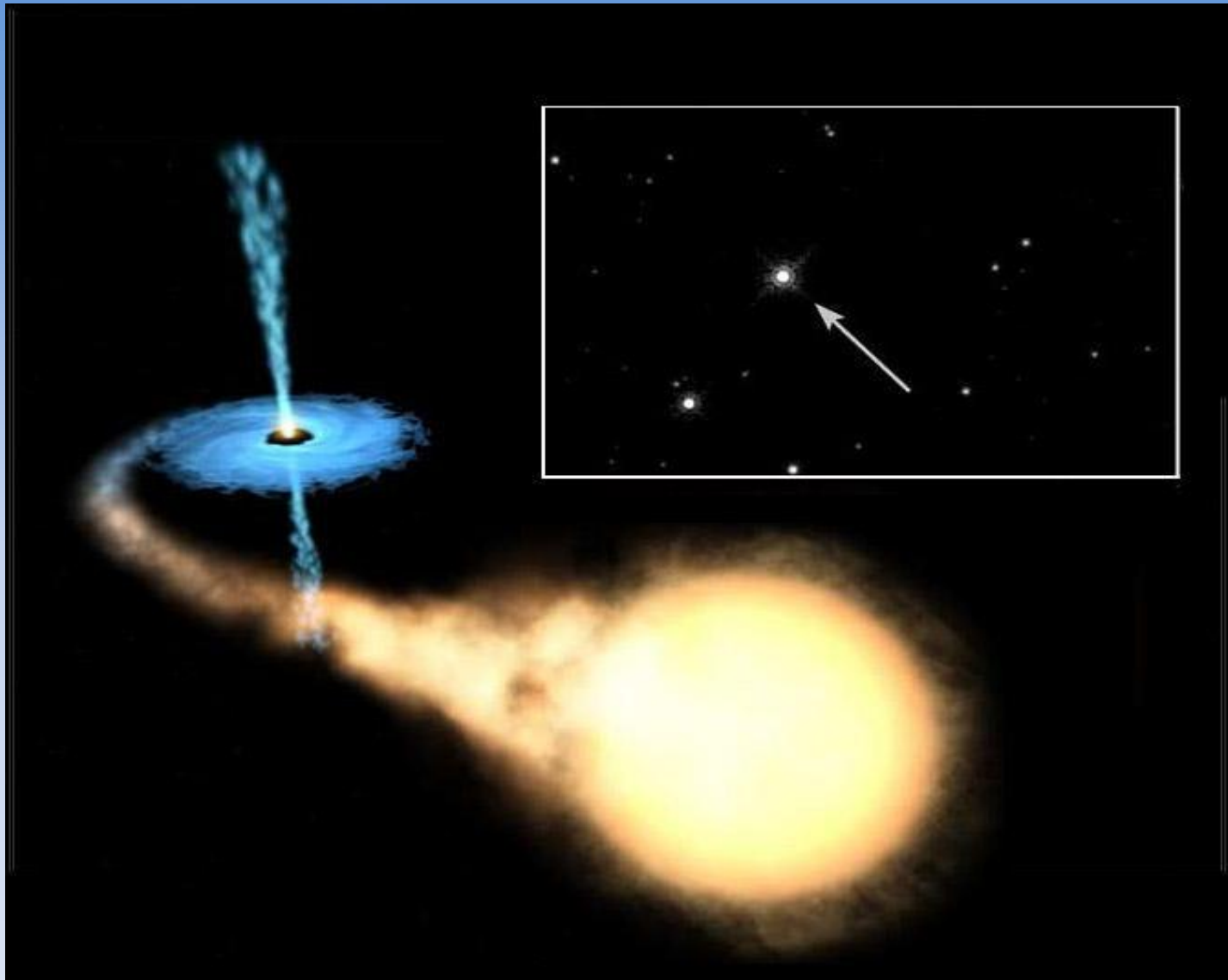


# Спектрально - двойные звезды

- обнаруживаются по периодическому смещению спектральных линий;
- в таких системах возможно перетекание вещества из поверхностных слоев массивной звезды к компаньону;
- в спектре двойной звезды наблюдается периодически повторяющееся раздвоение спектральных линий;
- у приближающейся звезды спектральные линии сместятся к синему концу, у удаляющейся – к красному (согласно эффекту Доплера);
- вещество под действием гравитационных сил вращающейся малой звезды закручивается вокруг нее, и образуется так называемый *аккреционный диск*.  
*Большая звезда при этом может потерять значительную массу и превратиться даже в белого карлика.*





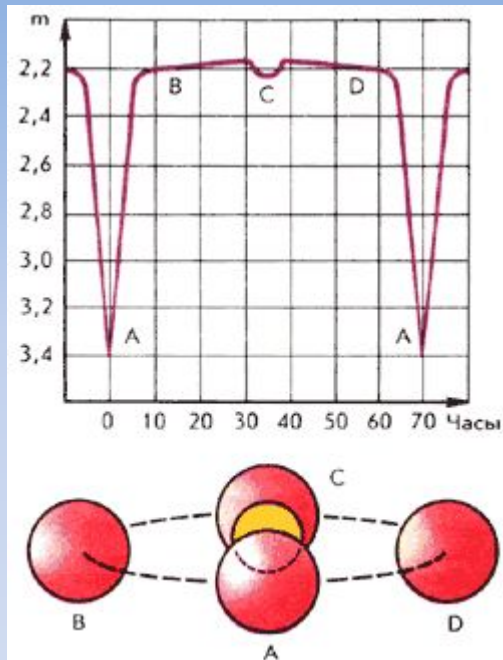


Холодные звезды по виду похожи на коричневые карлики, но на самом деле они являются остатками обычных звезд, которые за несколько миллиардов лет превратились в холодные объекты размером с Юпитер из-за того, что материя с них была перетянута соседней звездой - белым карликом.



Это двойная звезда, которая состоит из двух звезд, вращающихся вокруг общего центра масс с периодом 4-6 часов.

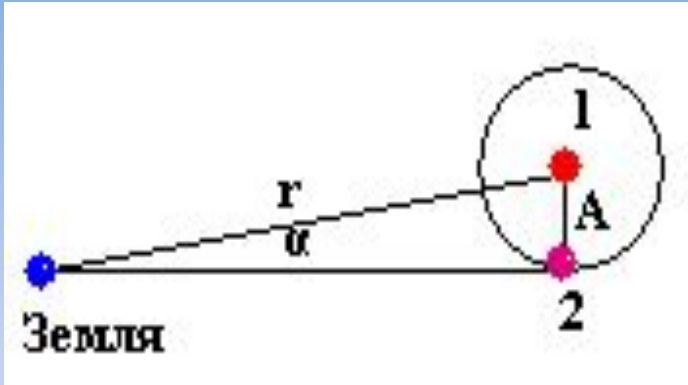
# Затменно-двойные звезды (Алголи)



**Звезды, изменяющие  
свой блеск вследствие  
затмения одного  
компонента двойной  
звезды другим**

*Алголь ( $\beta$  Персея,  
арабское "эль гуль" -  
дьявол).*

# Определение масс звезд в двойных системах.



Учитывая, что  $T_{\odot} = 1$  и  $a = 1$ , а массой Земли можно пренебречь, получим в солнечных массах  $M_1 + M_2 = A^3 : T^2$ .

$$\frac{T^2 \cdot (M_1 + M_2)}{T_{\oplus}^2 \cdot (M_{\odot} + m_{\oplus})} = \frac{A^3}{a^3}$$

# 2. ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

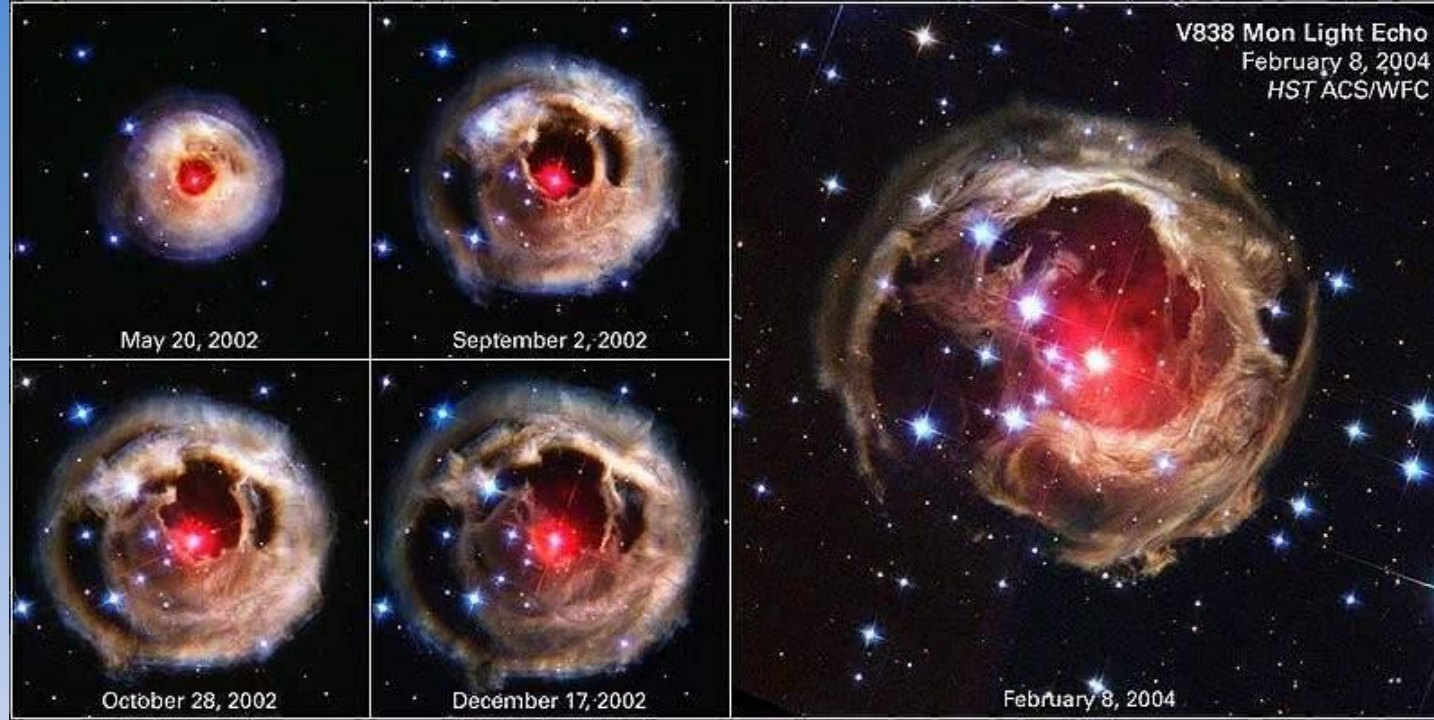
- Затменные переменные звезды

являются тесными двойными системами. Анализ изменения блеска затменной переменной звезды позволяет определить элементы орбиты двойной системы, относительные радиусы, светимость, массы, температуры внешних слоев компонентов двойной звезды

- Физические переменные звезды

разделяются на несколько основных групп:

- пульсирующие звезды;
- взрывные звезды;
- и прочие переменные.



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**.

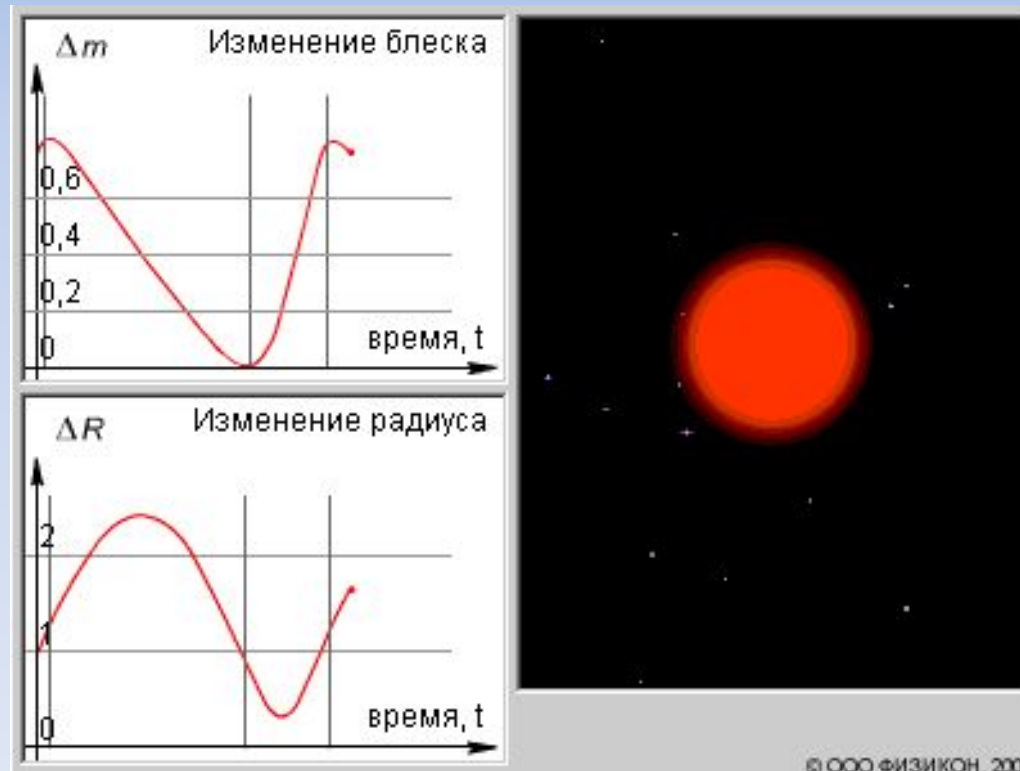
Эта классическая цефеида меняет свою светимость с периодом 5,37 суток, а амплитуда изменения светимости примерно одна звёздная величина.

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.

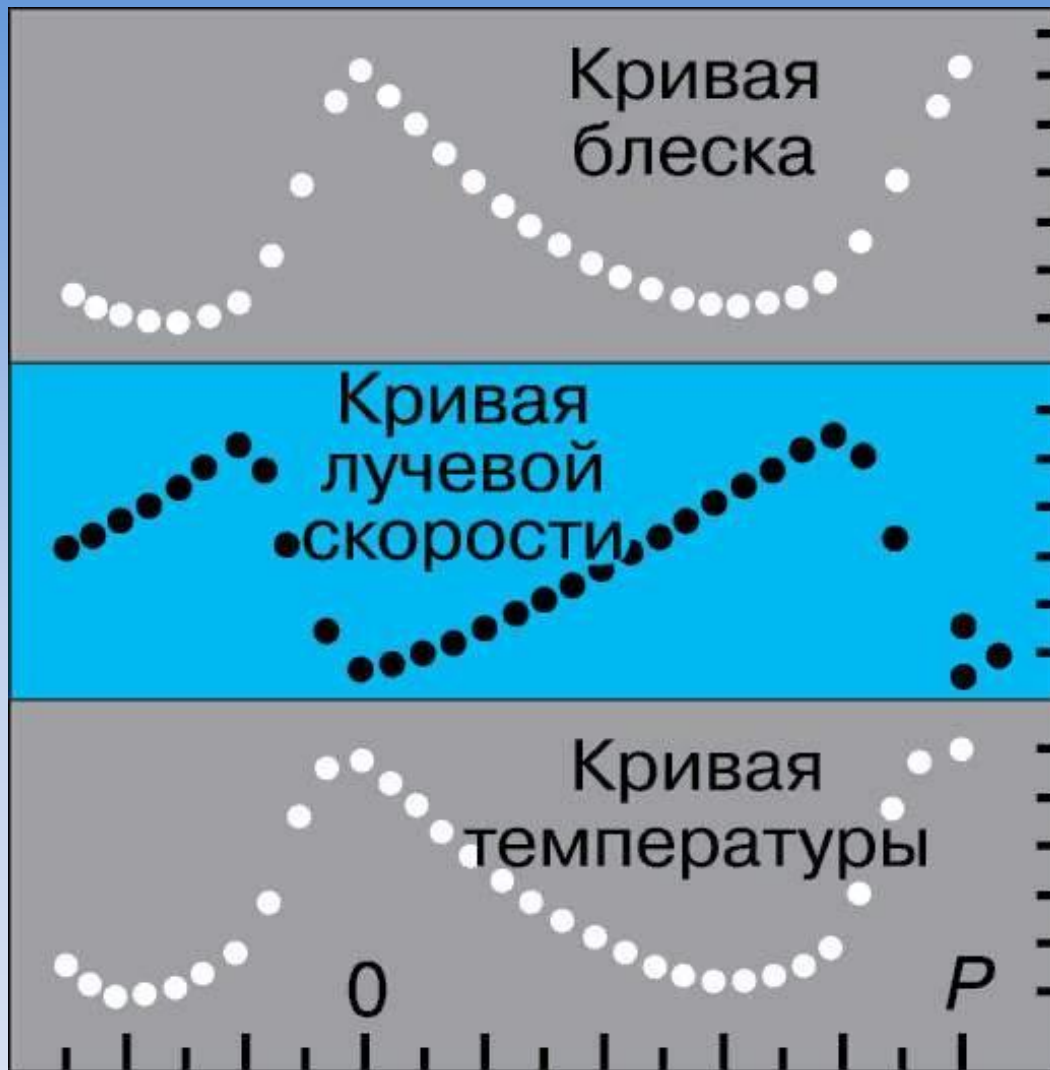
**Цефеиды – это звёзды-сверхгиганты**, они обладают высокой светимостью.

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».







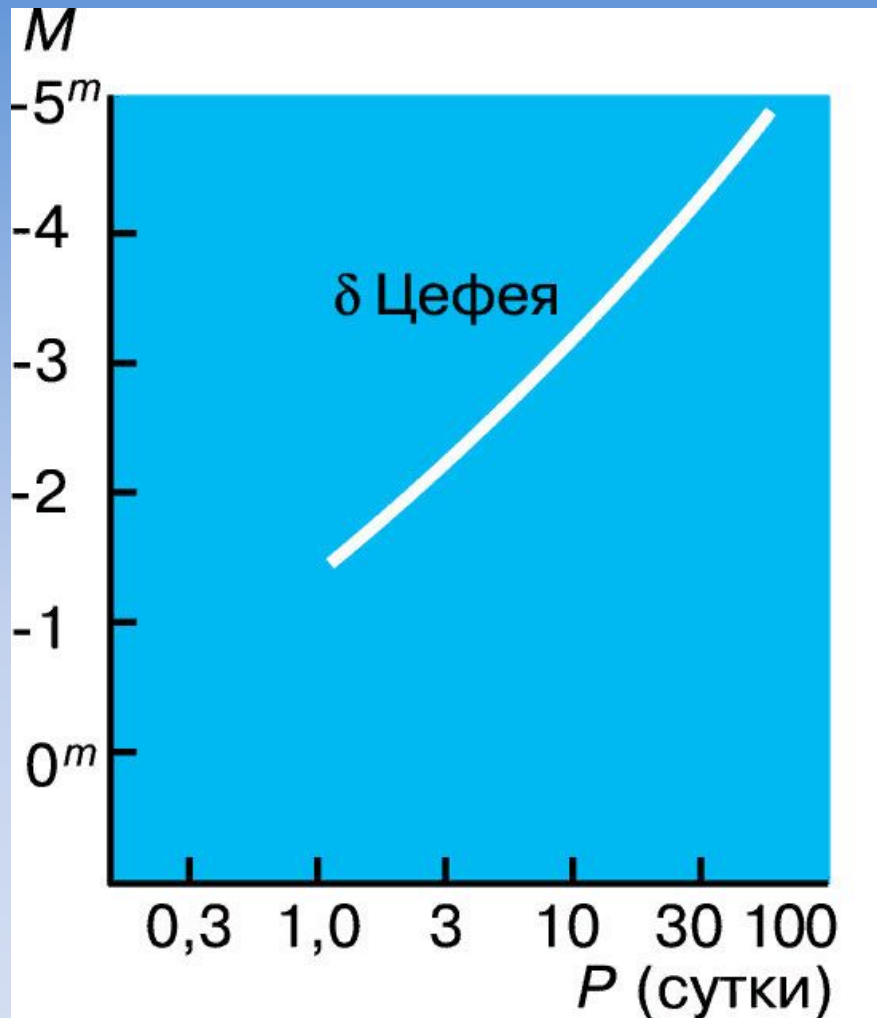
Графики изменения светимости, лучевой скорости и температуры цефеид

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

Причиной изменения светимости 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:

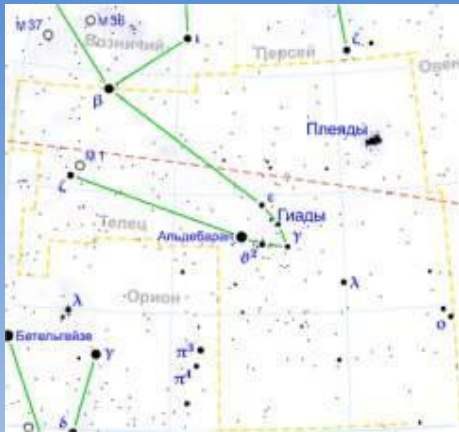
**Чем ярче цефеида, тем продолжительнее период изменения её светимости.**

Эта зависимость 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:

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

# **3. Новые и сверхновые звёзды**



В китайских и японских хрониках сохранились сведения о «звездогостье», 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.



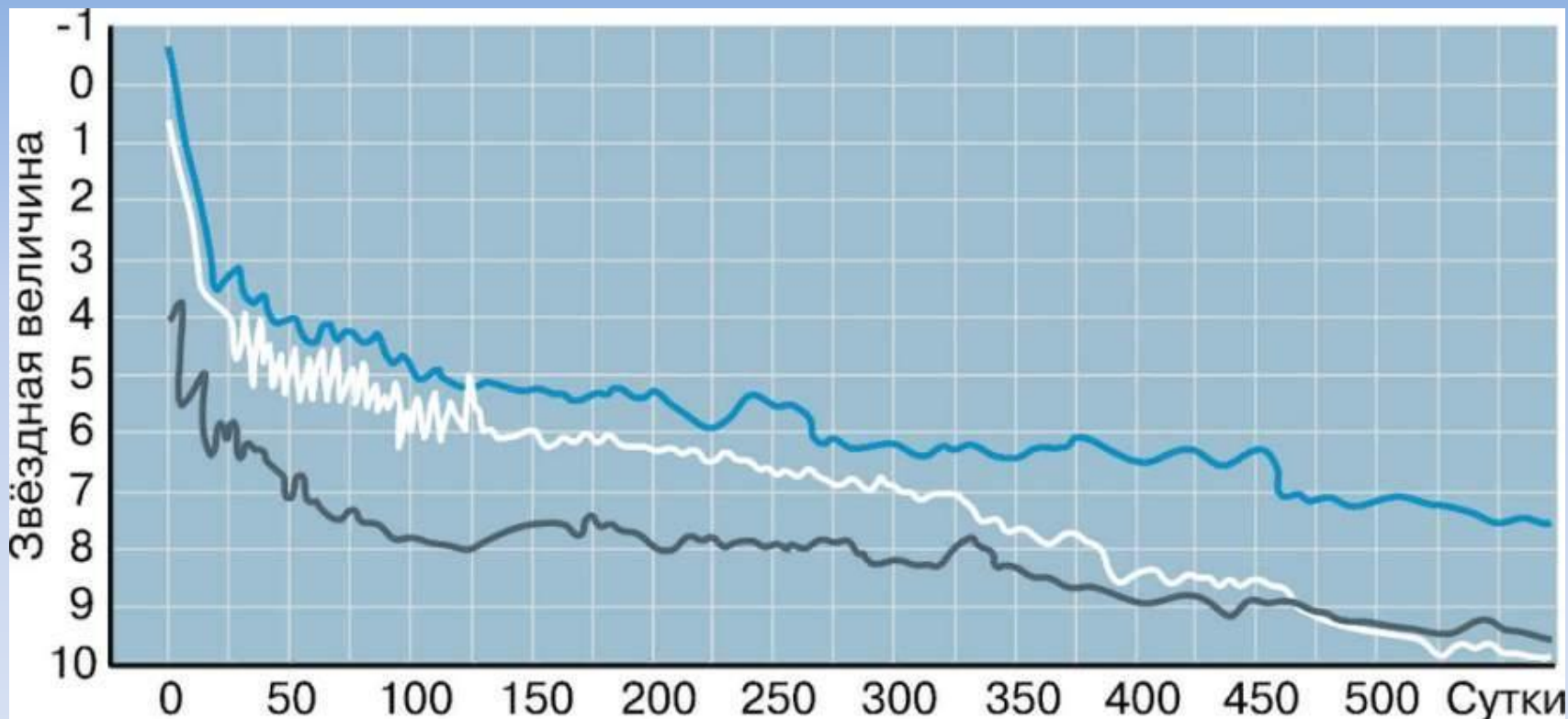
В 1604 г. уже сам Кеплер наблюдал новую звезду **в созвездии Змееносца**.



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

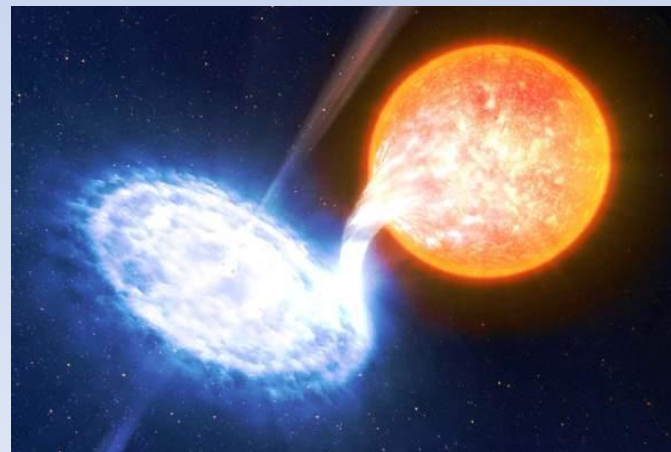


Кривые блеска новых звёзд

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.

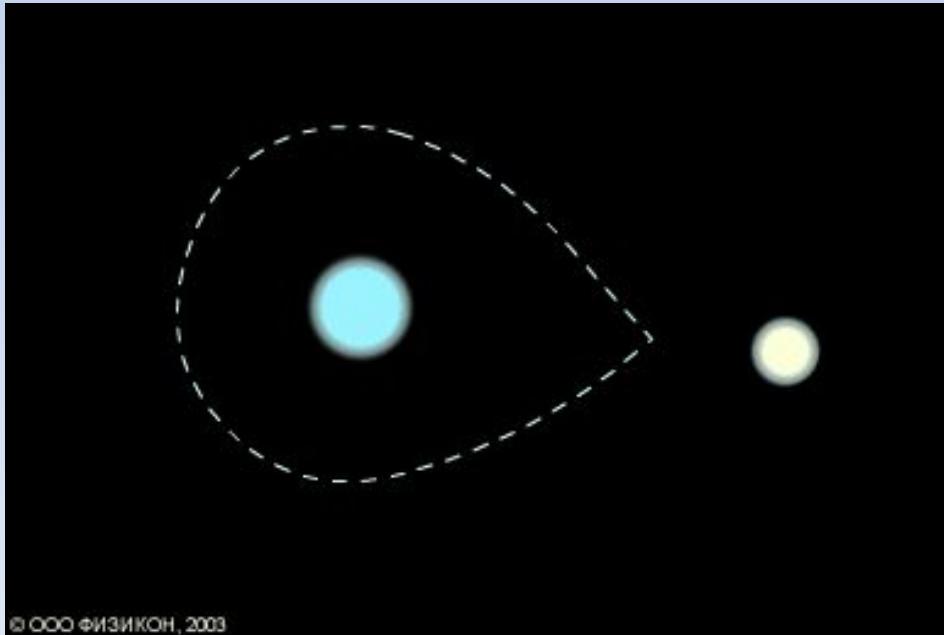
Из-за их близкого расположения на белый карлик перетекает газ из атмосферы красного карлика. Создаются условия для начала термоядерных реакций превращения водорода в гелий. Внешние слои звезды, составляющие небольшую часть её массы, расширяются и выбрасываются в космическое пространство. Их свечение и наблюдается как **ВСПЫШКА НОВОЙ** звезды происходит обычно за несколько дней – катастрофически, а возврат к прежней светимости длится годами и сопровождается колебаниями яркости.



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.

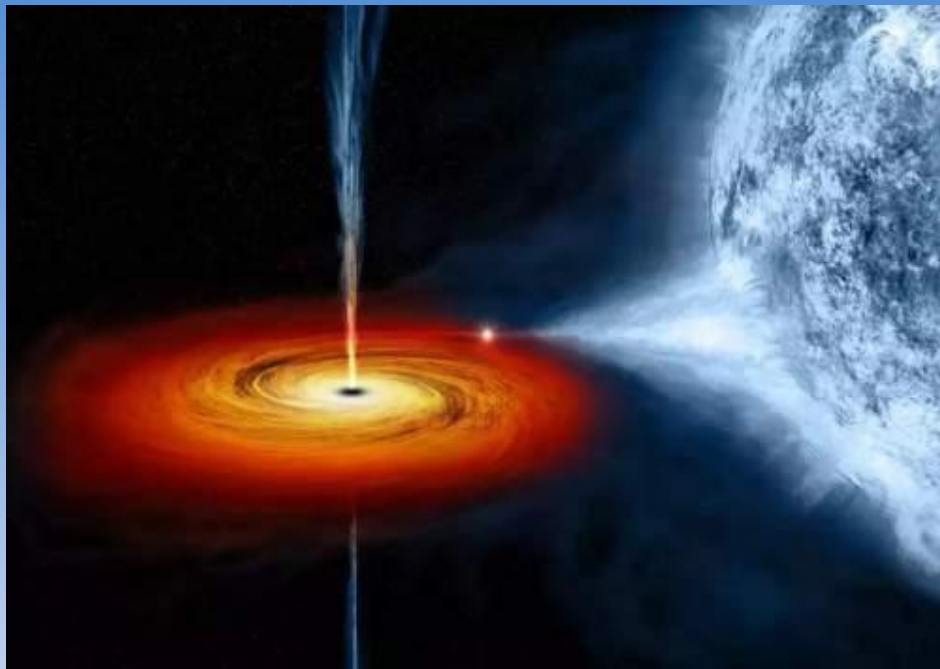
**Вспышка сверхновой звезды** происходит в результате термоядерных реакций превращения углерода и кислорода в железо и никель, протекающих с огромной скоростью, которые могут полностью разрушить звезду...



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<sup>-10</sup> с. Так был открыт первый **пульсар**, которых в настоящее время известно уже около 500.





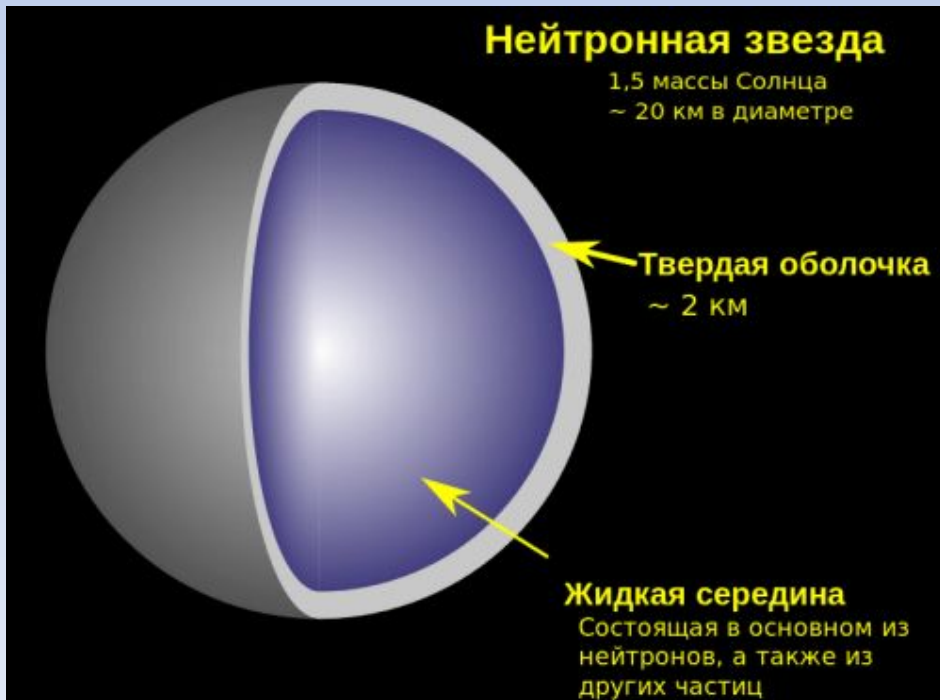


Сразу же после открытия пульсаров было высказано предположение о том, что они являются **нейтронными звёздами**.

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** в созвездии Тельца, 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.

# Итог урока

1. Какие звезды называют двойными?
2. Назовите виды двойных звезд.
3. Как можно определить массу звезд в двойных системах?
4. Перечислите известные вам типы переменных звезд.
5. Перечислите возможные конечные стадии эволюции звезд.
6. В чем причина изменения блеска цефеид?
7. Почему цефеиды называют «маяками Вселенной»?
8. Что такое пульсары?
9. Может ли Солнце вспыхнуть, как новая или сверхновая звезда? Почему?