



# Переменные и нестационарные звезды

Выполнил:

Пфлуг Владимир, 10а

- ▶ **Физические переменные звёзды** – это звезды, у которых светимость меняется в результате различных процессов, происходящих на самой звезде.

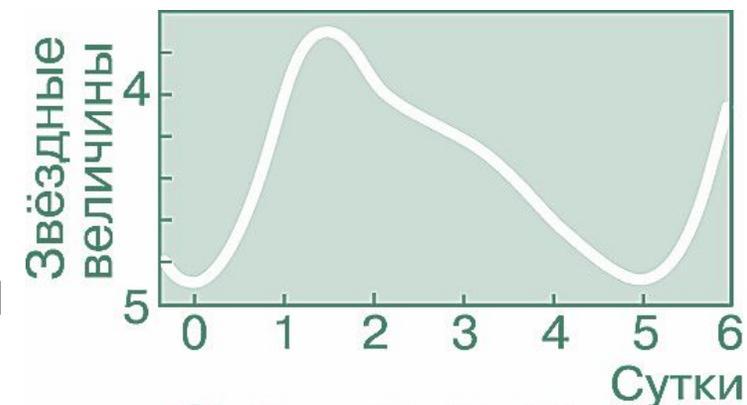


# Пульсирующие переменные

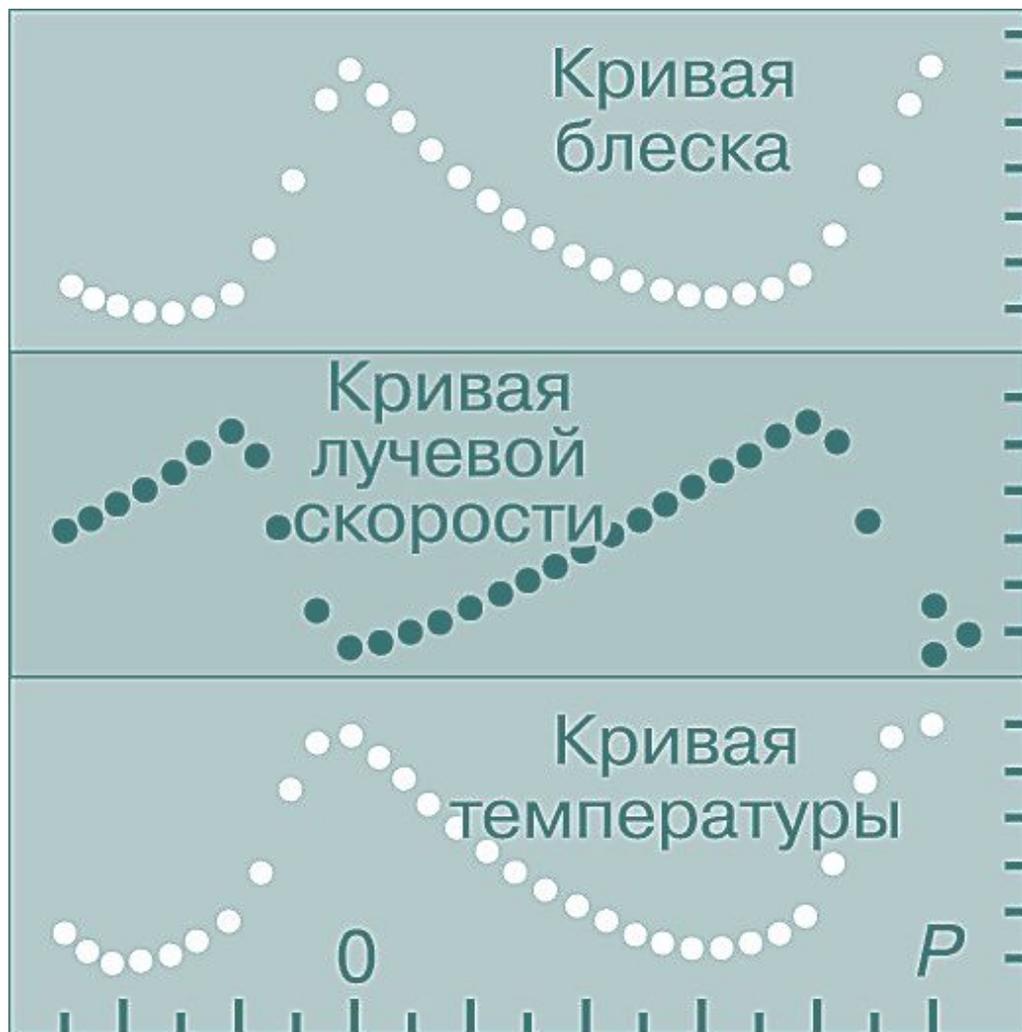
- ▶ **Цефеиды** – это весьма распространённый и очень важный тип физических переменных звезд.
- ▶ Они получили это название потому, что первой среди звезд этого типа была открыта  $\delta$  Цефея.
- ▶ Эта классическая цефеида меняет свою светимость с периодом 5,37 суток, а амплитуда изменения светимости примерно одна звёздная величина.



Дельта Цефея

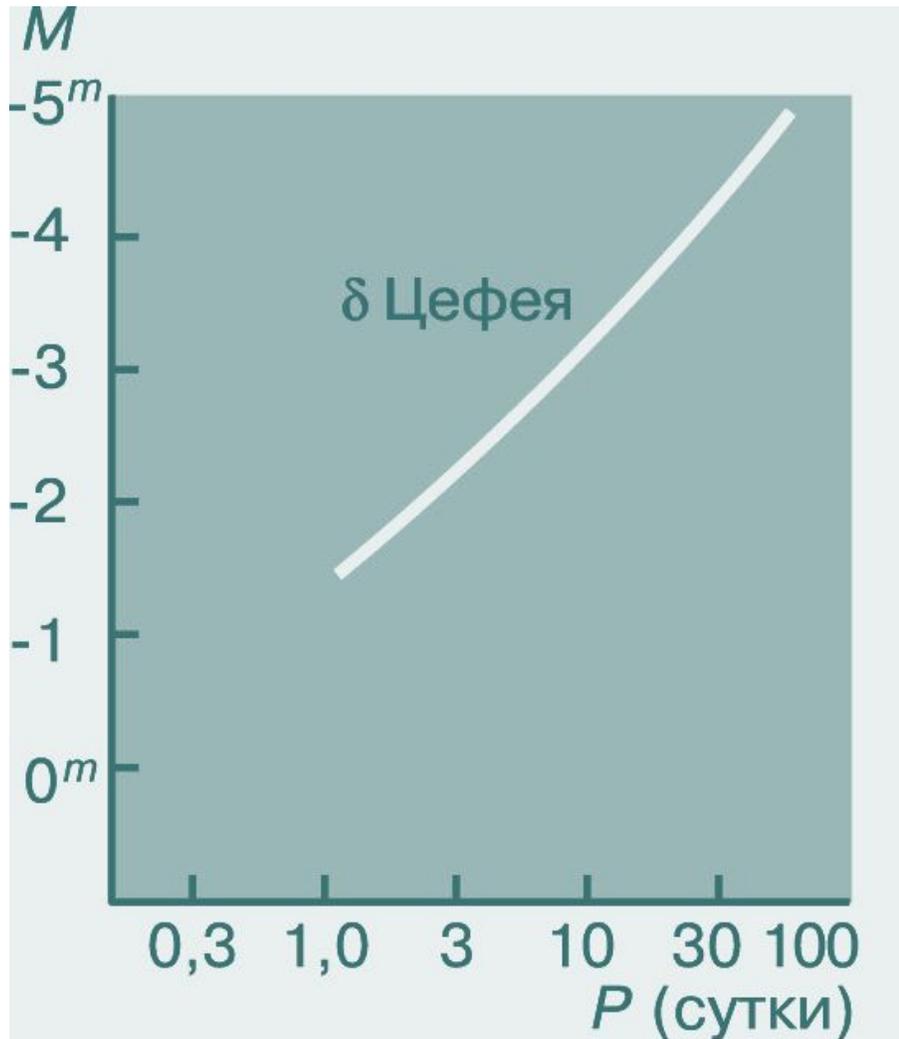


Кривая блеска  
Дельта Цефея



Графики изменения светимости,  
лучевой скорости и температуры  
цефеид

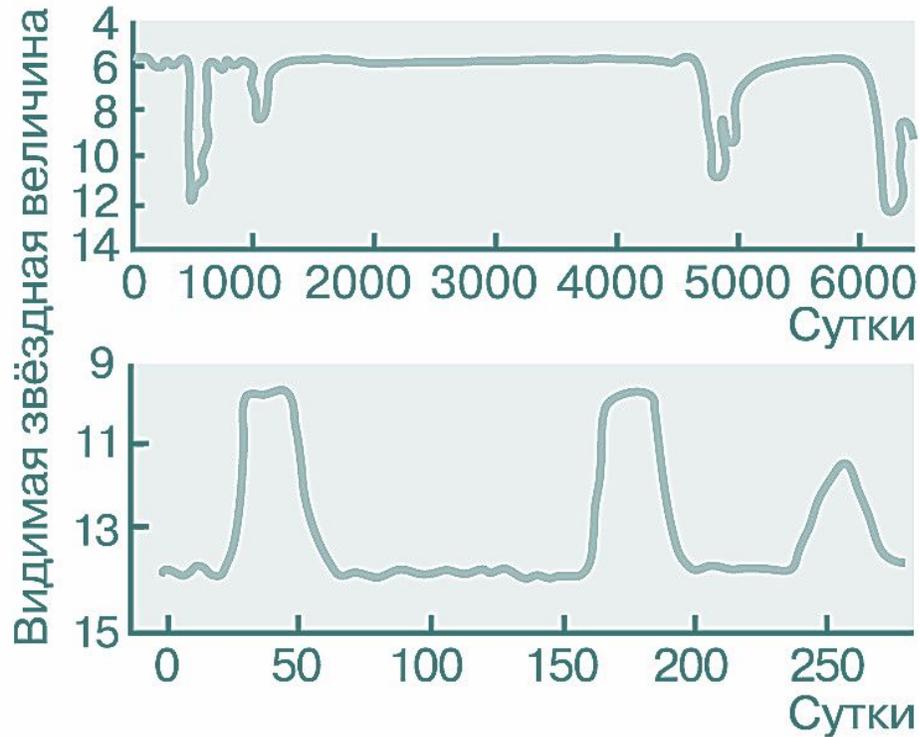
- ▶ Изучение спектров цефеид показало, что изменение светимости сопровождается изменениями температуры и лучевой скорости.
- ▶ Эти данные показывают, что причиной всему является пульсация наружных слоёв звезды. Они периодически то расширяются, то сжимаются. При сжатии звезда нагревается и становится ярче, при расширении её светимость уменьшается.



Зависимость «период — светимость», существующая у цефеид

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

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



Кривые блеска неправильных переменных звёзд



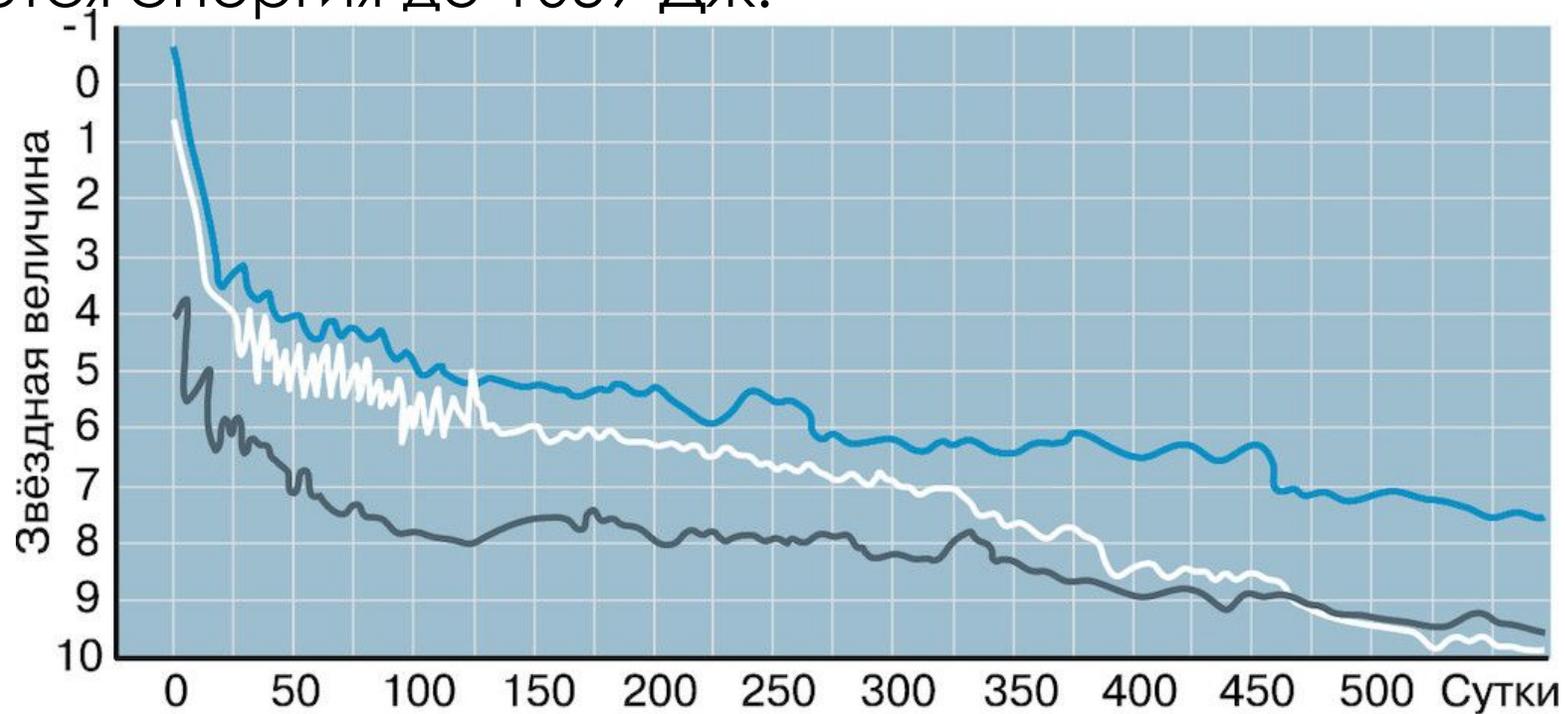
Мира с «хвостом» (фрагмент фото, сделанного телескопом GALEX).

- ▶ Цефеиды — это звёзды-сверхгиганты, они обладают высокой светимостью. Так, например, светимость цефеиды с периодом 50 суток в 10 тыс. раз больше, чем у Солнца.
- ▶ Звёзды, пульсация которых происходит с периодом, большим, чем у цефеид, называются **долгопериодическими**.
- ▶ Период изменения светимости у них составляет в среднем от нескольких месяцев до полутора лет, а светимость меняется очень значительно — на несколько звёздных величин.

# Новые и сверхновые звёзды

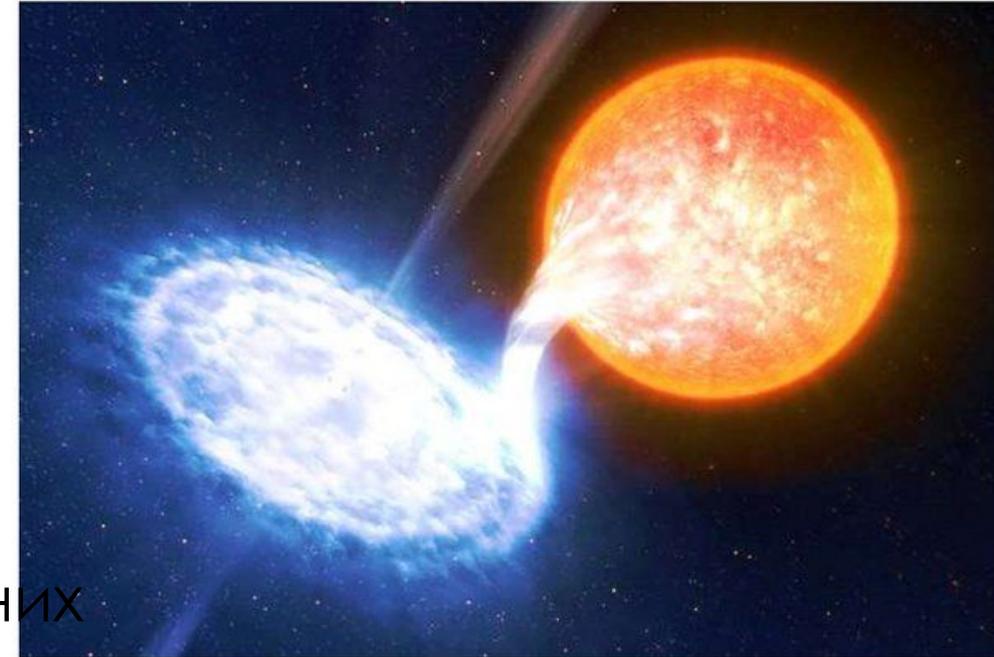
- ▶ В исторических летописях разных народов неоднократно отмечены случаи появления звёзд, видимых невооружённым глазом на том месте, где их прежде не было:
  1. В китайских и японских хрониках сохранились сведения о «звезде-госте», которая вспыхнула в созвездии Тельца в 1054 г.
  2. В 1572 г. учитель Кеплера Тихо Браге наблюдал в созвездии Кассиопеи новую звезду, которая была ярче Венеры.
  3. В 1604 г. уже сам Кеплер наблюдал новую звезду в созвездии Змееносца.

- ▶ В XX в. было установлено, что такие неожиданные вспышки наблюдаются у звёзд, которые до этого долгое время оставались слабыми и не привлекали к себе внимание астрономов.
- ▶ 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.



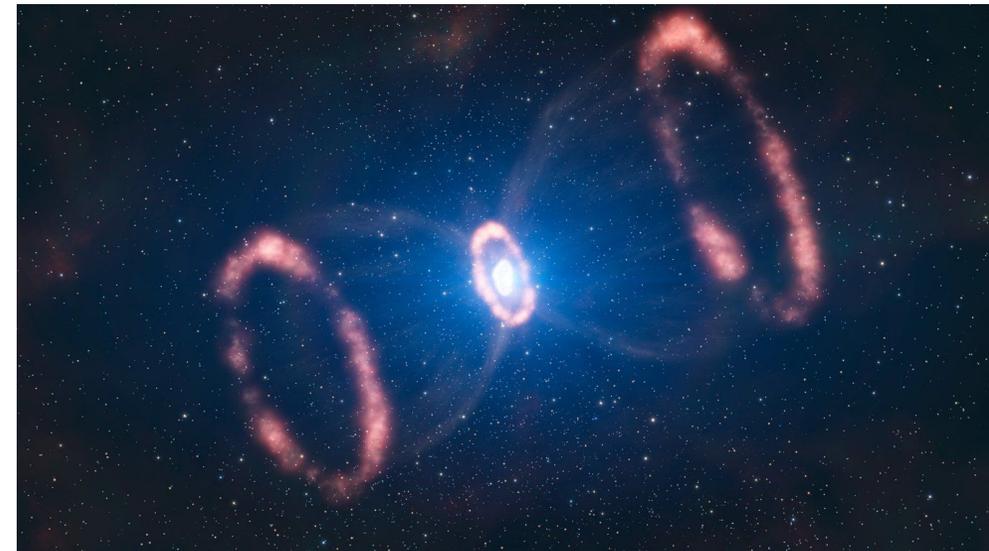
Кривые блеска новых звёзд

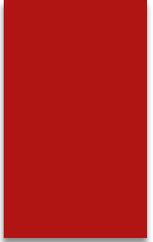
- ▶ В 1954 г. было обнаружено, что одна из новых звёзд (DQ Геркулеса) является двойной с периодом обращения всего 4 ч 39 мин.
- ▶ Один из компонентов — белый карлик, а другой — красная звезда главной последовательности.
- ▶ Из-за их близкого расположения на белый карлик перетекает газ из атмосферы красного карлика. По мере накопления водорода плотность и температура внешних слоёв белого карлика возрастает, создаются условия для начала термоядерных реакций превращения водорода в гелий. Они происходят настолько быстро, что приобретают характер взрыва.



*Двойная звезда*

- ▶ 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.
- ▶ **Вспышка сверхновой звёзды** — гигантский по своим масштабам взрыв звезды, при котором её светимость в течение нескольких суток возрастает в сотни миллионов раз. При вспышке выделяется энергия порядка  $10^{46}$  Дж, что примерно равно энергии, которую Солнце может излучить за всё время своего существования.



- 
- ▶ На протяжении большей части жизни любой звезды основным источником её энергии служит термоядерный синтез гелия из водорода. В звёздах с большой массой эта стадия длится несколько миллионов лет.
  - ▶ Когда запасы водорода в звёздном ядре истощаются, оно сжимается и разогревается настолько, что из гелия начинает синтезироваться углерод (около 500 тыс. лет). Затем во всё более нарастающем темпе последовательно проходят реакции синтеза с углеродом (600 лет), неон (1 год), кислород (6 месяцев) и, наконец, кремний. На последней стадии, которая длится всего сутки, из кремния синтезируется железо.
  - ▶ Лишённое источников энергии ядро не может противостоять гравитационным силам и коллапсирует (катастрофически сжимается) за несколько миллисекунд.
  - ▶ Вскоре после того, как ядро прекратит сжиматься, происходит мощная ударная волна, которая движется наружу со скоростью не менее 30 тыс. км/с и срывает со звезды большую часть массы.

- ▶ В 1967 г. выводы теории получили весьма неожиданное подтверждение. 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.

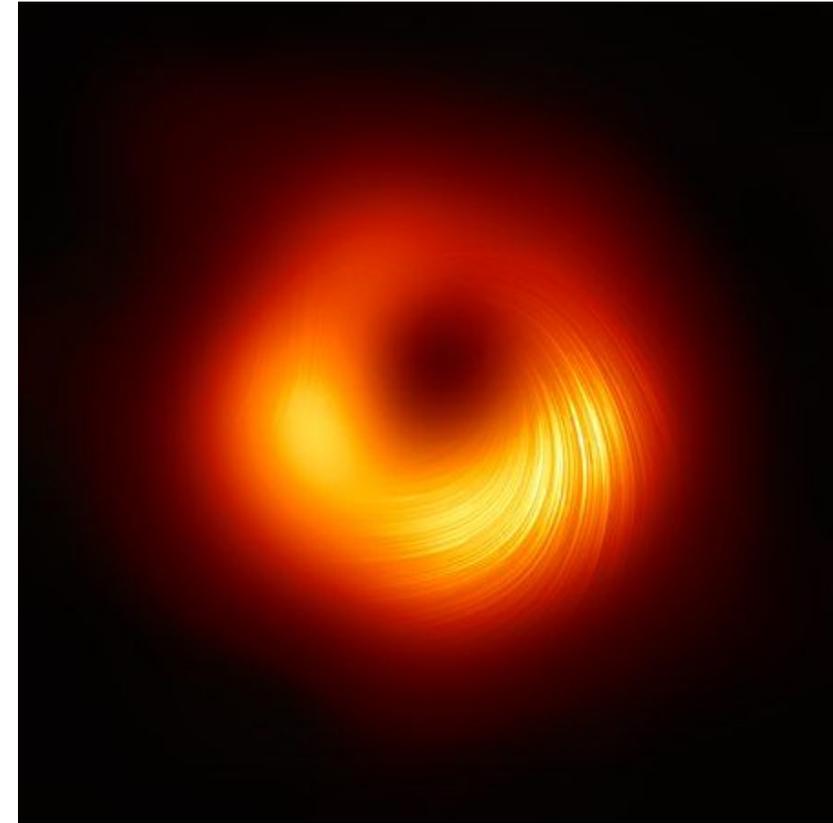


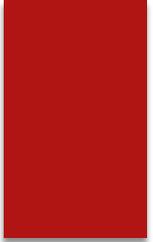
- ▶ Сразу же после открытия пульсаров было высказано предположение о том, что они являются быстро вращающимися нейтронными звёздами. Излучение пульсара, которое испускается в узком конусе, наблюдатель видит лишь в том случае, когда при вращении звезды этот конус направлен на него подобно свету маяка. Нейтронные звёзды являются одним из тех объектов во Вселенной, которые предоставляют учёным возможность изучать поведение вещества в условиях, пока недостижимых в земных лабораториях.
- ▶ Исследования показали, что пульсары являются остатками сверхновых звёзд. Один из пульсаров был обнаружен в Крабовидной туманности, которая наблюдается на месте вспышки сверхновой в 1054 г.





- ▶ 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. Стало быть, чёрную дыру не могут покинуть ни частицы, ни даже излучение — она становится невидимой.
- ▶ В настоящее время известно несколько десятков рентгеновских источников, в состав которых могут входить чёрные дыры. Наиболее вероятным «кандидатом» среди них считается Лебедь X-1.





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 в настоящее время как один из важнейших процессов эволюции звёздных систем — галактик — и Вселенной в целом.