

# Пульсары

Ученика

8 в класса

Государственного  
бюджетного

Общеобразовательного  
учреждения

Краснодарского края  
школа-интернат № 3  
спортивного профиля

Аралова Андрея

# Открытие пульсаров

Пульсары были открыты летом 1967 года, в Кембриджском университете (Англия), аспиранткой Э. Хьюиша - Дж. Белл. Во время наблюдения она заметила импульсы, повторяющиеся со строгим интервалом в 1,34 сек. Первая мысль – инопланетяне (Вначале этот пульсар так и был назван – LGM-1 (Little Green Men), что в переводе означает – Маленькие зелёные человечки). Но после обнаружения ещё трёх похожих объектов, стало ясно что это небесные тела.



# Виды пульсаров

A pulsar is depicted as a bright blue and white central point, surrounded by concentric, glowing blue and orange waves that radiate outwards, set against a dark, starry background.

• Пульсары делятся на несколько типов:

Радиопульсары

Оптические пульсары

Гамма пульсары

Из всех выше названных, лучше всего изучены радиопульсары. О них ниже и пойдёт речь.

# Коротко об образовании пульсаров

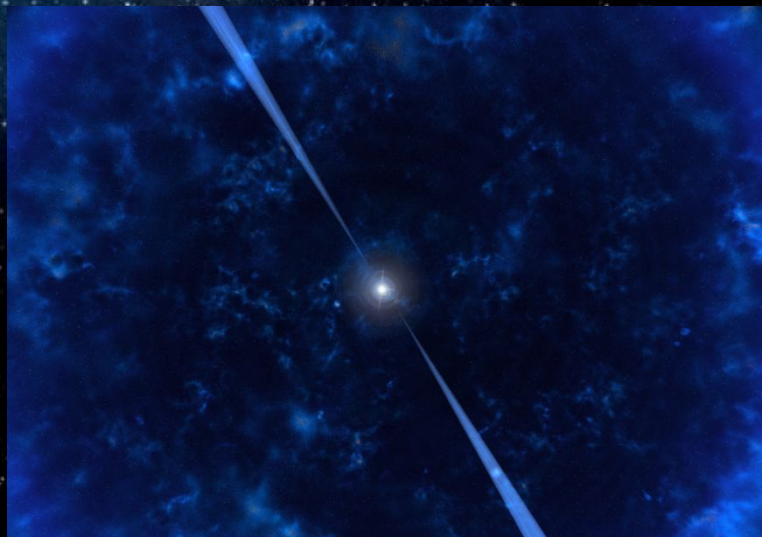
Пульсар это нейтронная звезда. А нейтронная звезда образуется после исчерпания ядерного топлива звезды(водорода), во время гравитационного коллапса (моментального сжатия звезды до критических размеров).

Если исходная масса звезды не превышает некоторой величины, то коллапс останавливается в центральной части звезды и образуется соответственно нейтронная звезда, если превышает, то образуется черная дыра. А если масса звезды сильно меньше, то взрыва сверхновой не происходит и образуется белый карлик.



# Пульсация пульсаров

На самом деле пульсары вовсе не пульсируют. Маяк тоже не пульсирует, свет лампы просто периодически направляется в разные стороны. Они лишь крутятся, очень быстро крутятся (больше 645 оборотов/сек) и излучают из полюсов поток радиоволн.





# Скорость

Но тогда возникает вопрос, почему же они так быстро крутятся?

Ответ прост. Когда фигурист при вращении на льду прижимает к себе руки, он раскручивается быстрее. Здесь происходит тоже самое, при коллапсировании звезды, вся масса идёт к центру, соответственно нейтронная звезда приобретает вращение.

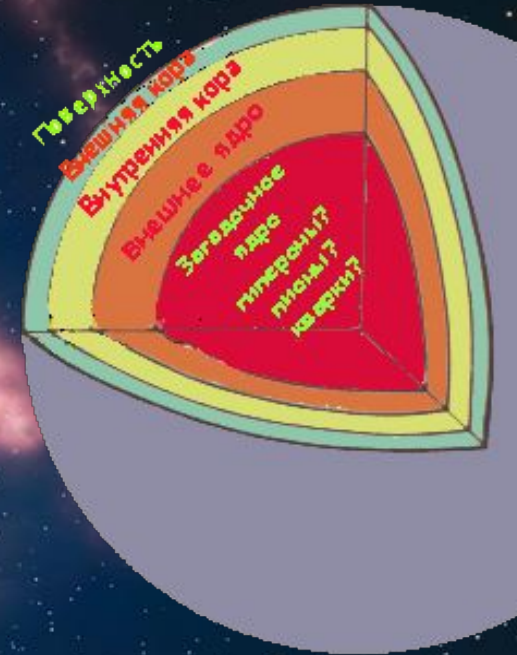
И только из-за невероятной плотности пульсары не разрываются под действием центробежной силы.



По наблюдениям, нейтронные звёзды состоят из нескольких слоёв:

- 1) Поверхность: состоит из плазмы, толщина несколько метров.
- 2) Внешняя кора: ~ 400 метров, состоит из электронов и атомов, атомы во внешней коре полностью ионизованы давлением электронов и по существу являются атомными ядрами.
- 3) Внутренняя кора: несколько км, здесь ядра переобогащены нейтронами, находятся в сверхтекучем состоянии:
- 4) Внешнее ядро: около 8 км, преимущественно нейтроны, с совсем небольшим кол-вом протонов и электронов. Так как ядра не содержат положительно заряженных протонов, то силы электростатического отталкивания не действуют. Действуют только силы ядерных связей, поэтому все вещество становится очень плотным.
- 5) Внутреннее ядро: по расчётам плотность, должна быть в несколько раз больше атомной, но никто не знает, как будет вести себя материя при таких нагрузках, поскольку такие условия очень трудно воссоздать на земле.

# Строение





# Немного расчётов

Допустим пульсар образуется из любой звезды независимо от массы. Тогда мы можем упрощённо рассчитать скорость и плотность пульсара, из нашего Солнца. Допустим масса получившегося пульсара равна солнечной, а радиус типичен (упрощённая модель). При образовании действует закон сохранения момента импульса

$$M_{\text{имп}} = m \times v \times r = 2\pi mvr^2 = \text{const.}$$

Радиус солнца:  $R_{\text{Солнца}} = 6,96 \times 10^5$  км;

Период обращения вокруг своей оси  $T = 24,47$  земных суток =  $2,11 \times 10^6$  сек =>

$$v_{\text{Солнца}} = \frac{1}{T} = 4,7 \times 10^{-7} \text{ оборотов в секунду};$$

$$2\pi m v_{\text{Солнца}} R_{\text{Солнца}}^2 = 2\pi m v_{\text{НейтрЗвезды}} R_{\text{НейтрЗвезды}}^2$$

Следовательно

$$v_{\text{НейтрЗвезды}} = v_{\text{Солнца}} * \frac{R_{\text{Солнца}}^2}{R_{\text{НейтрЗвезды}}^2} = 4,7 * 10^{-7} \frac{4,8 * 10^{11}}{10^2} = 2,3 * 10^3 \text{ оборотов в секунду.}$$



# Плотность

Наблюдаемая средняя плотность пульсаров  $2,8 \cdot 10^{14}$  г/см<sup>3</sup>. Попробуем доказать это.

Представим себе, что на экваторе мы положили материальную точку массы  $m_0$ . Пусть звезда имеет форму шара и радиус звезды  $R$ . Объем шара равен  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$  масса звезды  $M = V \times \rho = \frac{4}{3}\pi \rho R^3$ , где  $\rho$  – искомая плотность.

$$F_{\text{гравит}} = \gamma \frac{m_0 M}{R^2} = \frac{4}{3} \gamma \pi m_0 \rho R$$

Сила гравитации, где  $\gamma = 6,67 \times 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>- гравитационная постоянная.

При скорости вращения  $\nu$  линейная скорость материальной точки  $v = 2\pi R\nu$ , а центробежная сила  $F_{\text{цб}} = m_0 \frac{v^2}{R} = 4m_0 \pi^2 R \nu^2$ .

Составим неравенство  $F_{\text{гравит}} > F_{\text{цб}} \Rightarrow$

$$\frac{4}{3} \gamma \pi m_0 \rho R > 4m_0 \pi^2 R \nu^2$$

Тогда  $\rho > \frac{3\pi v^2}{\gamma}$ ;

При  $v = 2,3 \times 10^3 = 2300$  оборотов/сек (наш «солнечный пульсар»),

$$\rho > \frac{3 \times 3,14 \times 2300^2}{6,67 \times 10^{-11}} \Rightarrow$$

$$\rho > 747 \times 10^{15} \text{ кг/м}^3.$$

Итак, плотность нашего пульсара, при котором его не разорвёт центробежная сила –

$747 \times 10^{15} \text{ кг/м}^3$ . Для сравнения средняя плотность земли -  $5,6 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ .



# Чем нам интересны пульсары

Они всегда находятся среди останков сверхновых звёзд, поэтому изучая их мы можем понять что же действительно происходит при коллапсировании и взрыве звёзды. Ещё они могут помочь в космической навигации, поскольку волны, извергаемые ими видны за тысячи световых лет. В кораблях «Пионер» посланных предпологаемым разумным существам, «координаты» нашей солнечной системы были описаны с помощью ближайших к нам пульсаров.



# Вместо заключения

Пульсары постепенно замедляются, теряют энергию, пока не погаснут. И мы можем наблюдать за этим, углубляться в их физику, и тогда поймём тонкости их строения. Ведь можно только предполагать, что мы можем сделать, узнав что находится в «загадочном ядре». Изучать эти объекты невозможно, послав к ним какой-либо аппарат, из-за магнитных полей, температур, и дальности. Но последние разработки учёных всё же приближают нас к этому моменту.



