

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 orange core with concentric, glowing waves emanating from it, set against a dark, starry background. The waves are composed of alternating blue and orange bands, creating a sense of motion and energy.

• Пульсары делятся на несколько типов:

Радиопульсары

Оптические пульсары

Гамма пульсары

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

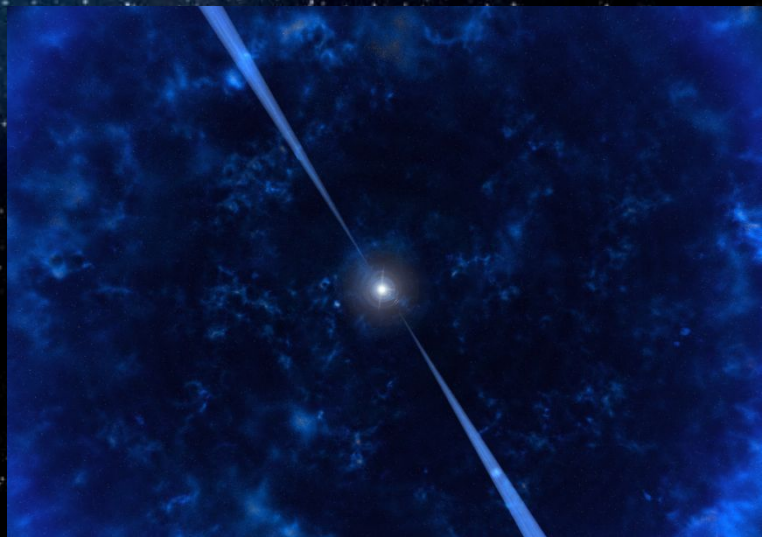
Коротко об образовании пульсаров

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?

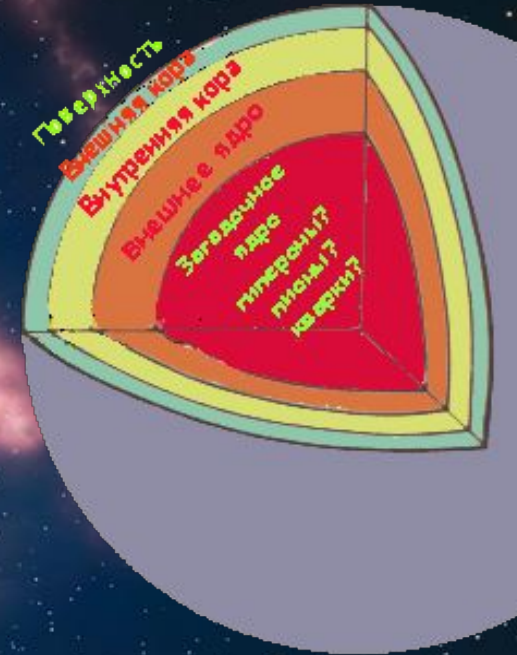
Ответ прост. Когда фигурист при вращении на льду прижимает к себе руки, он раскручивается быстрее. Здесь происходит тоже самое, при коллапсировании звезды, вся масса идёт к центру, соответственно нейтронная звезда приобретает вращение.

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/см³. 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 ρ – 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*м²/кг²- гравитационная постоянная.

При скорости вращения ν 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 предполагаемым 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.

