

5

monakov-2000

28 мая 2022 г.

1 Introduction

Рассматривались частицы скрытой массы, накопившиеся внутри звезды за время стадии красного сверхгиганта, а далее взрывающейся полностью (сверхновые типа 1b/c). В результате взрыва частицы скрытой массы выбрасываются с прочими частицами и могут быть обнаружены как компонента космических лучей, в случае, если по какой-либо причине, частицы имеют ненулевой электрический заряд. Рассчитаем количество частиц, накопившееся внутри Земли и Красного сверхгиганта $R_{rg} = (200 - 1000)\odot$, $M_{rg} = 10M_{\odot}$ для накопившихся частиц скрытой массы:

- Средняя плотность частиц: $\rho = 0.3 \left[\frac{GeV}{cm^3} \right]$
- Масса частиц: $m = 1[TeV]$
- Средняя концентрация частиц Halo: $n = 3 \cdot 10^{-4} \left[\frac{1}{cm^3} \right]$
- Скорость потока частиц: $v \simeq 300 \left[\frac{km}{s} \right]$
- Время существования: $t_3 \simeq 5 \cdot 10^9[years]$ $t_{rg} \simeq 10^7 \div 10^8[years]$
- $R_3 = 6371[km]$ $R_{\odot} = 695700[km]$

$$N = S \cdot v \cdot t \cdot n \quad (1)$$

Итого получаем количество частиц: $N_3 \approx 10^{39}$, $N_{rg} \approx 10^{46} \div 10^{48}$.

Для рассматриваемого красного гиганта содержание нуклонов $N_p \sim 10^{58}$ и отношение $f = \frac{N_{rg}}{N_p} = 10^{-12} \div 10^{-10}$

Внутри звезды тёмные атомы распадаются на заряженные лептоны L^- и ядра⁺ в момент непосредственно взрыва сверхновой. Оценки температуры вблизи бывшего ядра красного гиганта для $M_{rg} = 10M_{\odot}$ были получены [Colgate, White1966/Arnett1967]

$$T_{sn} \sim 140 \div 300 \cdot 10^9 K$$

В таком случае, доля ионизированных частиц:

$$\frac{N_{rg}^{ion}}{N_{rg}} = e^{-\frac{I}{T}} \quad , \text{ где } I=1.6 \text{ MeV} - \text{ Энергия ионизации } O^{--}He \quad (2)$$

$$\frac{N_{rg}^{ion}}{N_{rg}} = e^{-\frac{1.6 \cdot 10^6}{8.617 \cdot 10^{-5} \cdot 300 \cdot 10^9}} \approx 0.94$$


В расчете использована верхняя оценка T_{sn} ввиду того, что масса рассматриваемых частиц $m = 1[TeV] \gg m_{Fe} = 0.05[TeV]$ массы частиц железного ядра красного гиганта, следовательно на заключительном этапе жизни звезды, при сильном гравитационном сжатии температура рассматриваемых частиц скрытой массы по меньшей мере равна верхней границе температуры наблюдаемой материи.


Рассмотрим поток частиц через площадку единичной площади за единицу времени в единичный телесный угол

$$\Phi = \int \frac{dN(E')}{d\Omega \cdot dt \cdot dE'} = \text{const} \int_{E[GeV]}^{\infty} E'^{-\gamma} dE' =$$

$$= \text{const} \int_{E[GeV]}^{\infty} E'^{-2.8} dE' = \text{const} 2.2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{cm^2 \cdot s \cdot sr}$$

Энергетический спектр первичного космического излучения можно аппроксимировать степенной функцией: $\frac{dN}{dE} = \frac{\text{const}}{E^\gamma}$. В дифференциальном спектре показатель степени $\gamma = 2.8$ при энергиях до $10^5 [GeV]$.

(А что делать с const? взять отношение $f = \frac{N_{rg}}{N_p} = 10^{-12} \div 10^{-10}$ и просто сместить наблюдаемый в экспериментах график ГКЛ на 10 порядков?!) 

(сам график будет выглядеть как $E^{-2.8}$) 

Для сечения $\sigma \sim 10^{-25} [cm^2]$