



ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЗАХВАТОМ ТЁМНЫХ АТОМОВ, В ПРЕДПОЛОЖЕНИИ О СИЛЬНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СКРЫТОЙ МАССЫ С БАРИОННЫМ ВЕЩЕСТВОМ

Студент:

А.М. Халилова, б23-102

Научный руководитель:

М.Ю. Хлопов, д.ф.-м.н., проф. каф. №40

Введение и актуальность

Поскольку скрытая масса не взаимодействует электромагнитно и проявляет себя преимущественно гравитационно, её прямое обнаружение затруднено.

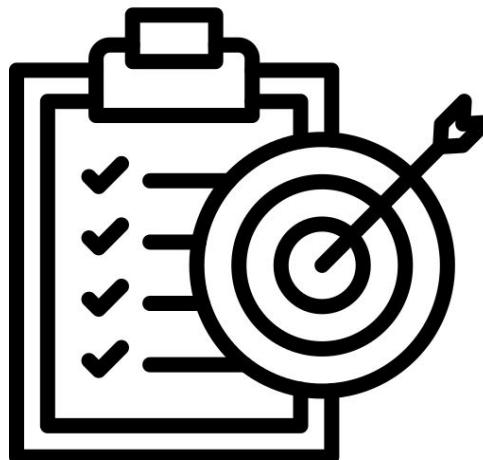
В данной работе рассмотрен альтернативный вариант – сильное (ядерное) взаимодействие скрытой массы с барионным веществом.



Цель и задачи

Цель: теоретическое исследование процесса захвата частиц скрытой массы некоторыми астрофизическими объектами (Землёй, красными сверхгигантами) в предположении о сильном взаимодействии скрытой массы с барионной материей.

Задачи:



1. Провести численную оценку прироста массы Земли за время существования Солнечной системы за счёт акреции скрытой массы.
2. Оценить возможное влияние силы трения от захвата скрытой массы на орбитальное движение Земли.
3. Оценить долю ядер, содержащих захваченные частицы скрытой массы, в ядрах звёзд и возможность появления соответствующей «аномальной» компоненты в космических лучах после взрыва сверхновой.
4. Сравнить полученные результаты с данными наблюдений.

Модель сильного взаимодействия



Длина свободного пробега тёмных атомов в барионном веществе мала, поэтому любая частица скрытой массы, пролетающая через звезду или планету, гарантированно испытает множественные столкновения и будет захвачена.

Прирост массы

При движении Солнечной системы вдоль гало скрытой массы, Земля должна захватывать тёмные атомы, а её масса – увеличиваться.

$$\Delta M_{\oplus} = m_{\text{DM}} \cdot n_{\text{DM}} \cdot \pi R_{\oplus}^2 \cdot v_0 \cdot t,$$

где $t = 5 \times 10^9$ лет $\approx 1.577 \times 10^{17}$ с.

$$\Delta M_{\oplus} \approx 3 \times 10^{14} \text{ кг} \quad (\sim 5 \times 10^{-11} M_{\oplus}).$$

Сила трения со стороны тёмных атомов

Тёмные атомы, налетая на Землю, должны передавать ей свой импульс, создавая силу трения.

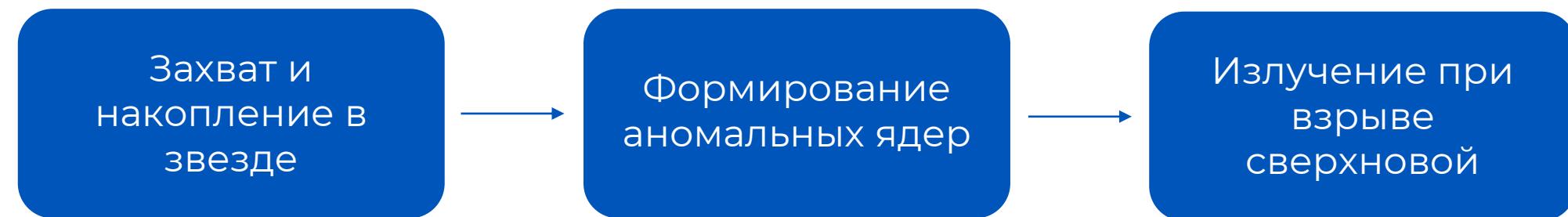
$$F_{\text{тр}} = m_{\text{DM}} \cdot n_{\text{DM}} \cdot \pi R^2 \cdot v_0^2,$$

где:

- $m_{\text{DM}} = 2 \text{ TeV} \approx 3.58 \times 10^{-39} \text{ кг},$
- $n_{\text{DM}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ см}^{-3} = 1.5 \times 10^2 \text{ м}^{-3},$
- $v_0 = 220 \text{ км/с} = 2.2 \times 10^5 \text{ м/с},$
- $R_{\oplus} = 7 \times 10^6 \text{ м.}$

Аномальные ядра

В недрах звезды ядро железа может вступить в ядерную реакцию слияния с частицей скрытой массы с образованием аномального ядра с большей массой. Если звезда с таким ядром взрывается как сверхновая, то выброшенное вещество будет нести химическую аномалию.



Число ядер железа в ядре звезды: $N_{\text{Fe}} = \frac{M_{\text{Fe}}}{m_{\text{Fe}}} \approx 2.4 \times 10^{55}$, где $M_{\text{Fe}} = 2 \times 10^{30}$ кг, $m_{\text{Fe}} \approx 50m_p$.

Число захваченных частиц скрытой массы: $N_{\text{DM}} = n_{\text{DM}} \cdot \pi R^2 \cdot v_0 \cdot t$, где $t = 4 \times 10^6$ лет $\approx 1.26 \times 10^{14}$ с.

Полученные результаты

Сила трения для Земли: $F_{\text{drag}}^{\oplus} \sim 4 \times 10^9 \text{ Н}$

Сила трения для Солнца: $F_{\text{drag}}^{\odot} \sim 4 \times 10^{13} \text{ Н}$

Изменение большой полуоси земной орбиты: $\Delta a \sim 2 \times 10^{-5} \text{ см/год}$

Время, необходимое для обнаружения эффекта, составляет **порядка 50 000 лет**.

Прирост массы Земли за время существования Солнечной системы:

$$\Delta M_{\oplus} \sim 3 \times 10^{14} \text{ кг} \quad (\sim 5 \times 10^{-11} M_{\oplus})$$

Найденная доля аномальной компоненты в космических лучах после взрыва сверхновой не превышает 10^{-6} , что делает её **прямую регистрацию современными методами невозможной**.

Заключение

Эффекты захвата скрытой массы рассмотренными астрофизическими объектами являются пренебрежимо малыми в масштабах времени их существования.

Предположение о ядерном взаимодействии скрытой массы с барионной материей не дало расхождений с наблюдением.