

ОЦЕНКА МАССЫ НЕЙТРИНО НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БОРЕКСИНО ПО ГАММА-ВСПЛЕСКАМ

Жутиков И.Н.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

2 июня 2020 г.

Введение

Цель работы: Оценка массы нейтрино на основе данных Борексина по гамма-всплескам.

Гамма-всплеск (ГВ) — масштабный космический выброс энергии взрывного характера, в настоящее время наблюдаемый в отдалённых галактиках в самой жёсткой части электромагнитного спектра. ГВ — наиболее яркие электромагнитные события, происходящие во Вселенной. Продолжительность ГВ может варьироваться от миллисекунд до нескольких часов. ГВ подразделяются на короткие длительностью менее 2 с и длинные длительностью более 2 с.

Детектор Борексино

Борексино - нейтринный детектор на основе жидкого органического сцинтиллятора, созданный для спектроскопии низкоэнергетических нейтрино от Солнца. Особенностью детектора является высокая степень радиохимической чистоты сцинтиллятора и конструкционных материалов. Благодаря этому энергетический порог Борексино составляет всего 200 кэВ. Что делает наблюдения нейтрино от ГВ на нём весьма перспективными.

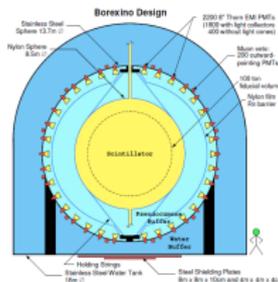


Рис.: Устройство детектора Борексино

Отбор гамма-всплесков и анализ данных

В данной работе использовались данные о ГВ, которые были зафиксированы такими космическими гамма-телескопами как FERMI, SWIFT, INTEGRAL, AGILE, MAXI, за период с 2009 по 2019 год, доступные на сайте NASA. Из порядка 3000 всплесков было отобрано 125 всплесков во время которых Борексина проводил наблюдения и для которых известны красное смещение и флюенс. В данных Борексина отбирались события с энергией больше 250 кэВ, в пределах ± 2000 с от начала вспышки.

Отбор гамма-всплесков и анализ данных

Для вспышек чей флюенс был менее $2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2}$ превышений над фоном найти не удалось, для остальных 10 вспышек удалось найти превышение в районе 550 с.

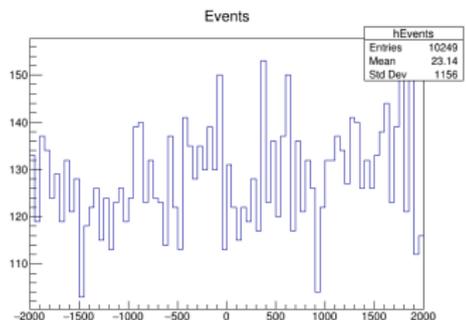


Рис.: Менее $2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2}$

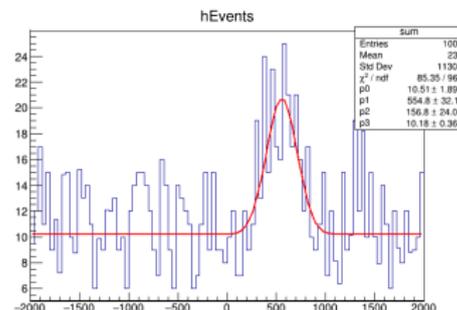


Рис.: Более $2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2}$

Отбор гамма-всплесков и анализ данных

Распределение событий по энергиям даёт среднюю энергию для нейтрино примерно 1 МэВ.

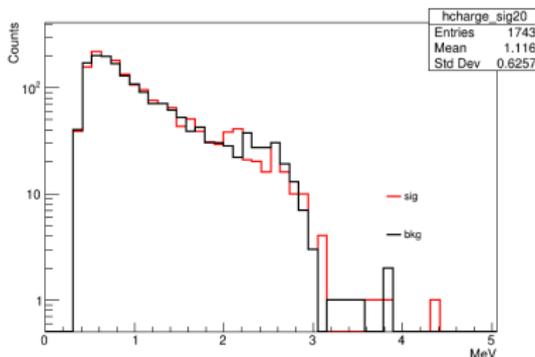


Рис.: Распределение событий по энергиям

Оценка массы нейтрино

Допустим, что наблюдаемый пик в области 300-900 с после ГВ вызван взаимодействиями прилетевших моноэнергетичных нейтрино. Тогда разброс нейтрино по времени прибытия будет обусловлен только разницей в расстояниях проходимых нейтрино. Тогда взяв усредненное красное смещение, энергию нейтрино равную 1 МэВ и учтя то, что согласно наиболее распространённой модели (P. Meszaros, Rept. Prog. Phys 69:2259 (2006)), нейтрино выделяются на $\tau_d \approx 150$ с раньше из формулы

$$m_\nu = \sqrt{\frac{2t_d E_\nu^2}{C}}$$

$$C = \int_0^z \frac{dz'}{(1+z')^2 H_0 \sqrt{\Omega_\Lambda + (1+z')^3 \Omega_m}}$$

где $H_0 = 67.3 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$, $\Omega_m = 0.315$ и $\Omega_\Lambda = 0.685$ можно получить массу нейтрино $m_\nu = 83$ мэВ

Заключение

В данной работе было проделано следующее:

1. Обработана база данных по ГВ, взятая с сайта NASA, в период с 2009 по 2019 гг.
2. Обнаружено, что для вспышек с флюенсом больше $2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{эрг}}{\text{см}^2}$ данные Борексино показывают рост скорости счета в окне 300-900 с после ГВ.
3. В предположении, что наблюдаемый рост скорости счета Борексино вызван взаимодействиями моноэнергетических нейтрино, получена оценка на массу электронного нейтрино $m_\nu = 83$ мэВ.