

Частица-призрак с рекордной энергией: нейтрино КМЗ-230213А меняет представления об экстремальной физике Вселенной



Дата публикации: 14.08.2025

В феврале 2023 года в глубинах Средиземного моря произошло событие, которое уже называют новым рубежом астрофизики. Детектор КМЗNeT, расположенный на глубине 3450 метров, зафиксировал сигнал от нейтрино с энергией 220 петаэлектронвольт (ПэВ) — более чем в 20 раз превышающей предыдущий рекорд в 10 ПэВ. После тщательного анализа учёные подтвердили, что речь идёт не об ошибке или техническом сбое, а о реальном попадании частицы, получившей обозначение КМЗ-230213А.

Нейтрино — одни из самых распространённых частиц во Вселенной, рождающихся в процессе ядерного синтеза в звёздах, при взрывах сверхновых или взаимодействии космических лучей с межзвёздной материей. Их особенность — почти полное отсутствие взаимодействия с веществом: триллионы таких «частиц-призраков» проходят сквозь нас каждую секунду, не оставляя следа. Уловить их удаётся крайне редко, когда они сталкиваются с другой частицей, вызывая появление мюонов или фотонов, фиксируемых

высококочувствительными детекторами.

Массив KM3NeT специально создан для таких наблюдений. В полной темноте подводной глубины оптические модули фиксируют едва заметное свечение, возникающее при взаимодействии нейтрино. Именно этот световой паттерн позволил учёным идентифицировать частицу сверхвысокой энергии и оценить её параметры.

Событие KM3-230213A оказалось настолько редким, что вероятность его регистрации в данном детекторе оценивается как 1 к 100, особенно учитывая, что другие обсерватории — IceCube и Pierre Auger — работают уже более десяти лет, но не фиксировали подобных энергий. Включение этого события в статистику позволяет точнее выстраивать модель распределения энергий нейтрино во Вселенной, а также рассматривает возможность существования нового класса источников, способных генерировать частицы столь колоссальной мощности.

Возможные механизмы рождения нейтрино с энергией 220 ПэВ включают взаимодействие космических лучей с космическим микроволновым фоном (так называемые космогенные нейтрино), выбросы из экстремальных областей активных галактических ядер, гамма-всплески при гибели массивных звёзд или неизвестные пока астрофизические объекты. Маловероятно, что частица пришла из Млечного Пути, что делает её межгалактическим «посланником» с колоссальных расстояний.

Анализ данных показал, что траектория нейтрино проходит через область, где могут находиться источники с экстремальными физическими условиями. Если дальнейшие наблюдения подтвердят наличие подобных частиц, это позволит астрономам построить «карту» Вселенной по нейтринным сигналам, дополняя данные, получаемые с помощью электромагнитного и гравитационного излучения.

KM3-230213A стал первым шагом к новой эре нейтринной астрономии сверхвысоких энергий. Объединение данных различных обсерваторий в широком диапазоне энергий поможет раскрыть природу наиболее мощных процессов во Вселенной и, возможно, открыть неизвестные источники космических частиц. Это событие не только побило рекорд, но и дало исследователям новый инструмент для изучения самых удалённых и загадочных уголков космоса, формируя основу для будущих открытий в области астрофизики элементарных частиц.

Ссылка: «Событие сверхвысокой энергии KM3-230213A в глобальном

нейтринном ландшафте» DOI: [10.1103/yurk-zmb8](https://doi.org/10.1103/yurk-zmb8).