

Поймать призрак: детектор CONUS+ впервые зафиксировал реакторные нейтрино через когерентное рассеяние



Дата публикации: 07.08.2025

Через полвека после первых предсказаний физики наконец смогли наблюдать то, что долго оставалось на границе возможного: слабое взаимодействие антинейтрино с ядрами атомов в условиях полной когерентности. Эксперимент CONUS+, размещённый всего в 20 метрах от активной зоны швейцарского реактора Лайбштадт, зафиксировал сигналы от когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах (CEvNS) — редкого процесса, предсказанного ещё в 1974 году, но недоступного для наблюдения в энергетических диапазонах реакторов до настоящего времени.

Нейтрино, по праву называемые «частицами-призраками», почти не взаимодействуют с веществом. Ежесекундно их миллиарды проходят через каждый квадратный сантиметр поверхности Земли, включая наши тела и саму планету, не оставляя следов. Чтобы их зафиксировать, обычно требуется массивное оборудование, расположенное в шахтах или под горами, вдали от фона и помех. Тем удивительнее тот факт, что CONUS+ весом всего 3 кг сумел

достичь необходимой чувствительности.

Ключом к успеху стали германиевые полупроводниковые детекторы, модернизированные до высокой точности, а также идеальные условия на швейцарской АЭС. Исследователи смогли зафиксировать 395 нейтринных событий с высокой статистической значимостью, после вычитания фона. Такой результат достигается благодаря особому типу взаимодействия: при CEvNS нейтрино рассеивается на всём ядре атома сразу, а не на отдельных нуклонах. Это резко увеличивает вероятность измеримого отдачи ядра, которую можно зафиксировать специализированными датчиками.

Подтверждение CEvNS в условиях реакторных нейтрино означает, что физики получили в руки новый инструмент как для фундаментальных исследований, так и для прикладных задач. Одним из практических направлений может стать создание компактных мобильных нейтринных детекторов, способных мониторить активность ядерных реакторов или определять содержание радиоактивных изотопов — без физического вмешательства в зону контроля.

Кроме того, точные измерения CEvNS обладают высоким потенциалом для выявления новой физики. В отличие от других процессов, зависимость от моделей ядерной структуры здесь минимальна, что позволяет использовать данные CONUS+ для проверки расширений Стандартной модели: от поиска стерильных нейтрино до гипотетических взаимодействий, пока не известных современной науке.

Новая фаза эксперимента, начавшаяся осенью 2024 года, использует ещё более крупные и чувствительные детекторы, что должно позволить не только повысить точность, но и расширить диапазон наблюдаемых явлений. Это открытие, как надеются в Институте ядерной физики Макса Планка, может стать началом новой эры в нейтринной физике — не только в смысле технологий, но и как фундаментального шага к пониманию природы вещества и слабого взаимодействия.

Детектор CONUS+, по размерам сравнимый с ланч-боксом, стал символом того, как миниатюризация и высокая точность могут превзойти громоздкие установки прошлого. Он доказывает, что эпоха «гигантских нейтринных антенн» постепенно сменяется технологически изящными, но не менее эффективными решениями, способными решать задачи самого высокого научного уровня.

Ссылка: «Прямое наблюдение когерентного упругого рассеяния

antineйтрино на ядре» DOI 10.1038/s41586-025-09322-2.