

Почему ведущие державы вкладывают миллиарды долларов в изучение нейтрино.

Нейтрино, ранее считавшиеся обычными частицами, превратились в объект исследований, требующий многомиллиардных инвестиций в научные лаборатории. Эти маленькие частицы полны тайн и могут изменить наше понимание фундаментальной физики.

История началась с бета-распада, когда тяжелые атомные ядра спонтанно превращаются, испуская электроны или позитроны. Однако энергия электронов при этом была разной, что не соответствовало законам сохранения энергии. Физики предположили существование скрытой частицы, поглощающей часть энергии. Так появилось нейтрино, что в переводе с итальянского означает «маленький нейтральный».

Понадобилось 25 лет, чтобы впервые зафиксировать нейтрино. Считалось, что это просто ещё одна частица, пока не было обнаружено три различных вида нейтрино. Вселенная делит частицы на три поколения: каждое из них имеет своих "братьев" с большей массой. Например, у электрона есть мюон, в 200 раз тяжелее, и тау-частица, в 3500 раз тяжелее. Три поколения нейтрино названы по типам взаимодействий: электронное, мюонное и тау-нейтрино.

Сначала всё казалось нормальным, но затем обнаружилось, что нейтрино имеют массу. Первые проблемы возникли при изучении нейтрино, испускаемых Солнцем. Наши детекторы зафиксировали лишь половину от предсказанного числа нейтрино, что указывало на то, что нейтрино могут менять свои «флаворы» по пути к Земле. Это объясняло разницу между предсказанными и наблюдаемыми значениями.

Эксперименты показали, что нейтрино существуют в виде трёх масс ( $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ ), которые смешиваются, образуя наблюдаемые флаворы. Это подтверждает наличие массы у нейтрино. Научные данные показывают, что сумма масс всех трёх нейтрино не превышает  $0.1 \text{ эВ}/c^2$ , но точные массы пока неизвестны.

Почему это важно? Обычные частицы получают массу через механизм Хиггса, но нейтрино имеют только левую хиральность, что ставит под сомнение их взаимодействие с бозоном Хиггса. Возможно, существует четвёртое нейтрино, ответственное за взаимодействие с Хиггсом, или нейтрино получают массу через другие механизмы. Это остаётся загадкой современной физики.

Исследования нейтрино требуют колоссальных затрат. Детектор Super-Kamiokande в

Японии использует 50 тысяч тонн ультрачистой воды для регистрации нейтрино, а обсерватория IceCube использует километровые детекторы в антарктическом льду. Новый проект DUNE, возглавляемый Fermilab, оценивается в более чем 3 миллиарда долларов и сталкивается с управленческими проблемами.

Несмотря на все усилия, нейтрино продолжают ускользать от понимания, оставаясь одной из самых интригующих загадок современной науки.