

МОГУТ ЛИ ФИЗИКИ ОШИБАТЬСЯ?

В конце сентября 2011 г. в электронном препринте ЦЕРНа появилось сенсационное сообщение о том, что нейтрино распространяется со скоростью, большей скорости света.

Идея эксперимента (OPERA experiment) очень проста. Нейтринный пучок рождается в Церне, летит сквозь Землю в итальянскую лабораторию Гран Сассо и проходит там сквозь специальный нейтринный детектор OPERA.

Нейтрино очень слабо взаимодействуют с веществом. Но из-за того, что их поток из ЦЕРНа очень велик, некоторые нейтрино все же сталкиваются с атомами внутри детектора. Тем самым они порождают каскад заряженных частиц и тем самым оставляют в детекторе свой сигнал. Нейтрино в ЦЕРНе рождаются не непрерывно, а «всплесками», и если мы знаем момент рождения нейтрино и момент его поглощения в детекторе, а также расстояние между двумя лабораториями, мы можем вычислить скорость движения нейтрино.

±

Расстояние между источником в ЦЕРНе и нейтринным детектором в Гран Сассо по прямой составляет 730 км и измерено с точностью до 20 см (точное расстояние между реперными точками составляет 730534,610,20 метров). Но процесс, приводящий к рождению нейтрино, вовсе не локализован с такой точностью. Пучок высокоэнергетичных протонов вылетает из ускорителя SPS (длительностью 10 мкс, что соответствует длине пучка 3000 м), сбрасывается на графитовую мишень, порождает в ней вторичные частицы, в том числе и мезоны. Они летят вперед с околосветовой скоростью и на лету распадаются на мюоны с испусканием нейтрино. Мюоны тоже распадаются с испусканием нейтрино. Все частицы, кроме нейтрино, поглощаются в толстом слое земной коры. Нейтрино беспрепятственно долетают до места детектирования.

Каждый сеанс сброса протонного пучка на мишень длится примерно 10 мкс и приводит к рождению огромного числа нейтрино. В редких случаях, когда детектор регистрирует нейтрино, невозможно определить, в какой именно момент в течение 10-микросекундного интервала оно было испущено. Анализ можно провести, накапливая много случаев детектирования нейтрино и построив их распределение во времени относительно начала отсчета для каждого сеанса. В детекторе за начало отсчета принимается момент времени, когда условный сигнал, движущийся со скоростью света и излученный в момент переднего фронта протонного пучка, достигает детектора. Точное измерение этого момента стало возможно благодаря синхронизации часов в двух лабораториях с точностью до нескольких наносекунд. Благоприятным моментом было и то, что рожденные нейтрино повторяют профиль исходного протонного пучка. Поэтому ключевым параметром в этом эксперименте является именно временной профиль пучка протонов, вылетающих из ускорителя, в особенности – точное положение его переднего и заднего фронтов.

Измерения прибытия нейтрино проводилось относительно опорного сигнала, который бы двигался со скоростью света. В целой серии проведенных опытов было установлено, что данные начинают поступать примерно на 1048,5 нс раньше опорного сигнала. Но это еще не означает, что нейтрино действительно на микросекунду опережают свет, а является лишь поводом для того, чтобы тщательно измерить все длины кабелей, скорости срабатывания аппаратуры, времена задержки электроники и т.д. Такая проверка была выполнена, и оказалось, что она смещает опорный момент на 988 нс. Таким образом, получилось, что нейтринный сигнал обгоняет опорный на 60 нс. Это означает превышение скорости света на 0,0025% (при этом погрешность этого измерения оценена авторами в 10 наносекунд).

Чему противоречат сверхсветовые нейтрино?

1. Все имеющиеся на сегодня экспериментальные данные описываются стандартными теориями без сверхсветового движения. В противном случае/квантовую теорию поля пришлось бы кардинально переделывать.

2. Специальная теория относительности Эйнштейна не запрещает существование частиц, движущихся со сверхсветовой скоростью (их называют тахионами). Для тахионов скорость света является пределом, но

только снизу – они не могут двигаться медленнее ее. При этом зависимость энергии частиц от скорости получается обратной – чем больше энергия, тем ближе скорость тахионов к скорости света.

3. Результат OPERA не согласуется с другими экспериментальными данными по нейтрино. Во время вспышки сверхновой SN11987A в Магелановом облаке были зарегистрированы нейтрино, которые пришли за несколько часов до светового импульса. Но это не означает, что нейтрино шли быстрее света, а лишь отражает тот факт, что нейтрино излучаются на более раннем этапе коллапса ядра при вспышке сверхновой, чем свет. Однако, раз нейтрино и свет, проведя в пути 170 тысяч лет, не разошлись более, чем на несколько часов, значит, скорости у них очень близки и различаются не более чем на миллиардные доли. Эксперименты OPERA показывают в тысячи раз более сильное расхождение.

4. Ради справедливости надо сказать, что нейтрино, рождающиеся при вспышках сверхновых и нейтрино из ЦЕРНа сильно различаются по энергиям (несколько десятков МэВ в сверхновых и 10-40 ГэВ в описываемом эксперименте), а скорость нейтрино меняется в зависимости от энергии. Но это изменение в данном случае работает в неправильную сторону: ведь чем выше энергия тахионов, тем ближе их скорость должна быть к скорости света.

5. Заявленный результат трудно вместить даже в известные модели. В данного препринта имеется 174 автора из 216 участников эксперимента.

Источник: Dario Autiero/ New result from OPERA on neutrino properties, доклад на специальном семинаре в ЦЕРНе 23 сентября 2011 года.