

Открытие нового типа нейтринных осцилляций в эксперименте T2K

19 июля на Конференции в Стокгольме по физике высоких энергий Европейского Физического Общества (EPSHEP 2013) международная коллаборация T2K объявила об открытии нового типа нейтринных осцилляций (трансформации) одного сорта (поколения) нейтрино в другой, в котором мюонные нейтрино превращаются в электронные нейтрино. Следует отметить, что в 2011 году в этом эксперименте было получено первое указание на существование этого процесса. Сейчас после увеличения объема физических данных более чем в 3.5 раза, этот новый тип осцилляций окончательно установлен. Вероятность того, что случайная статистическая флуктуация может привести к наблюдаемому избытку электронных нейтрино в пучке мюонных нейтрино, меньше чем 10^{-12} , т.е. менее, чем в одном случае из тысячи миллиардов. Другими словами, такая возможность исключена на уровне значимости 7.5 стандартных отклонений. Результат T2K является первым наблюдением эффекта появления нового сорта (поколения) нейтрино, отличающегося от сорта нейтрино в начальном пучке.

В эксперименте T2K мюонные нейтрино рождаются на протонном ускорителе JPARC, расположенном на восточном побережье Японии, префектура Ибараки, д.Токай, и направляются в гигантский Черенковский детектор СуперКамиоканде массой 50 кт, который находится вблизи западного побережья Японии на расстоянии 295 км от JPARC (рис. 1).

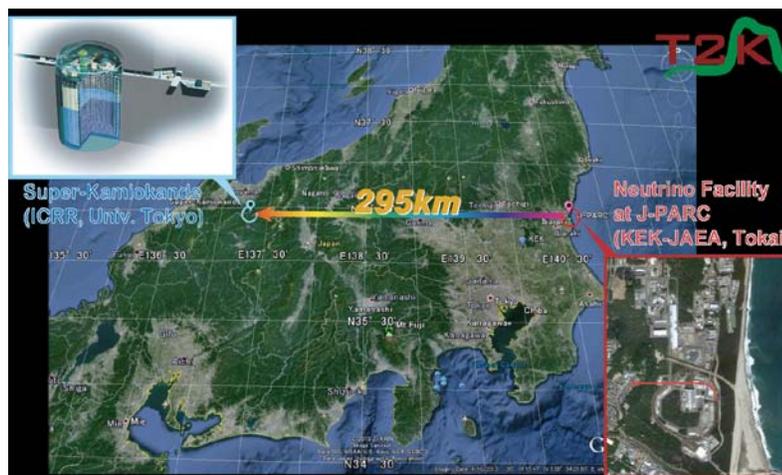
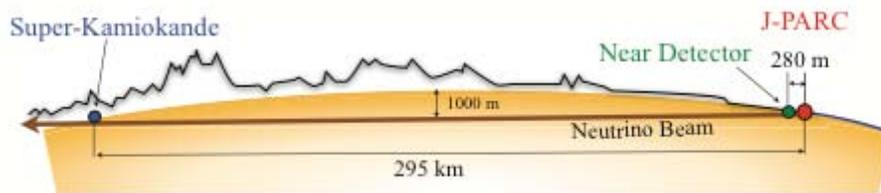


Рис.1. Схема эксперимента T2K

Параметры пучка мюонных нейтрино вблизи мишени, т.е. до возможных осцилляций, измеряются и контролируются комплексом нейтринных детекторов, расположенных на территории JPARC. Существенная часть ближнего нейтринного детектора была разработана и создана сотрудниками ИЯИ РАН.

В результате анализа данных, накопленных за несколько лет измерений с пучком мюонных нейтрино, в детекторе СуперКамиоканде было обнаружено 28 событий, идентифицированных как электронные нейтрино. Ожидаемое число фоновых событий, если бы осцилляции мюонных нейтрино в электронные отсутствовали, составило бы за это же время измерений всего 4.6 событий. Одно из зарегистрированных в СуперКамиоканде событий, типичных для электронных нейтрино, показано на рисунке 2.

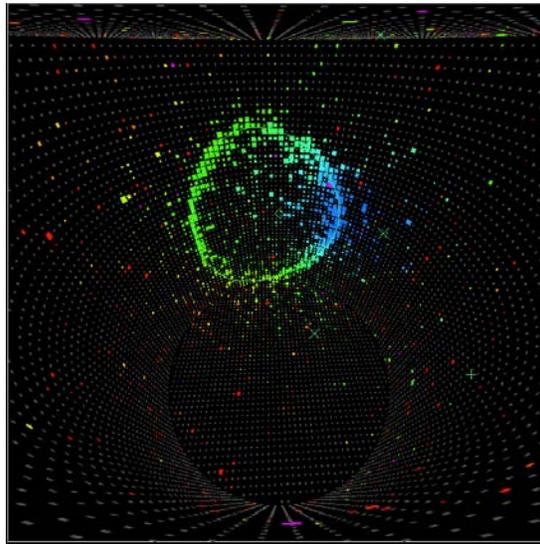


Рис2. Черенковское кольцо от электрона, появившегося в детекторе СуперКамиоканде в результате детектирования электронного нейтрино через заряженный ток.

Распределение по энергии зарегистрированных электронных нейтрино показано на рисунке 3.

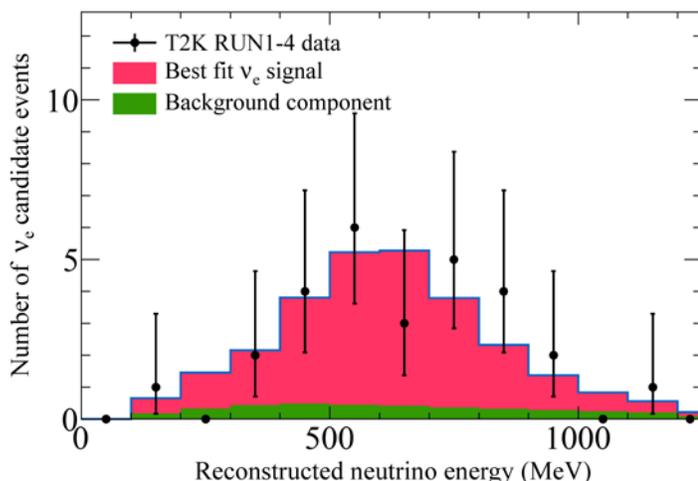


Рис.3. Распределение по энергии 28 зарегистрированных электронных нейтрино.

Открытие этого нового типа осцилляций предоставляет уникальные возможности для поиска нарушения комбинированной CP четности в нейтринных осцилляциях. Здесь C – зарядовое сопряжение, означающее переход от частицы к ее античастице, а P- четность обозначает переход физической системы в зеркальную систему координат.

CP нарушение означает, что физические законы изменяются, когда CP трансформация произведена. Это явление до настоящего времени было обнаружено в кварковом секторе (Нобелевские премии были присуждены в 1980 г. и 2008 г.). CP нарушение в нейтринном секторе в ранней Вселенной возможно является причиной того, что современная Вселенная состоит из вещества при практически полном отсутствии антивещества. Эта асимметрия между веществом и антивеществом является одной из тайн природы. Открытие в эксперименте T2K осцилляций мюонных нейтрино в электронные делает реальным чувствительный поиск CP нарушения в нейтринных осцилляциях, и, возможно, является первым шагом в разгадке этой тайны. Эксперимент T2K будет лидером этого направления в ближайшие годы. В соответствии с утвержденными планами эксперимента, статистика нейтринных событий будет увеличена примерно в 10 раз, включая проведение измерений с пучком мюонных антинейтрино для поиска CP нарушения.

Экспериментальная установка T2K была разработана, создана и эксплуатируется международной коллаборацией, в которую входят более 400 ученых, представляющих 59 научных организаций из 11 стран (Канада, Франция, Германия, Италия, Япония, Польша, Россия, Швейцария, Испания, Великобритания, США).

Эксперимент финансируется

Министерством образования, культуры и спорта Японии;

NSERC, NRC и CFI, Канада;

CEA и CNRS/IN2P3, Франция;

DFG, Германия;

INFN, Италия;

Министерством науки и высшего образования, Польша;
Российской Академией Наук, РФФИ и Министерством образования и науки,
Россия;
MICINN и SPAN, Испания;
SNSF и SER, Швейцария;
STFC, Великобритания;
DOE, США.
Российским участником эксперимента является Институт ядерных исследований
РАН.

Следует особо подчеркнуть, что это открытие было бы невозможно без
самоотверженного труда всех сотрудников ускорительного комплекса JPARC и
членов коллаборации T2K, которые смогли быстро восстановить поврежденный
ускоритель и нейтринный канал, обеспечить их стабильную работу и высокое
качество нейтринного пучка после разрушительно землетрясения и цунами 11
марта 2011 г. в восточной Японии.

Более детальная информация об эксперименте и коллаборации T2K находится на веб
странице: <http://t2k-experiment.org>

Куденко Юрий Григорьевич
д.ф.-м.н., профессор
заведующий Отделом физики высоких энергий
Институт ядерных исследования РАН
email: kudenko@inr.ru
тел: +7-495-8510184 (раб); +7-903-6159125 (моб)