

Измерение осцилляций антинейтрино в эксперименте T2K.

Антонова М.М.^{1,2}, Измайлов А.О.², Куденко Ю.Г.^{1,2,3}¹НИЯУ «МИФИ», Москва.²ИЯИ РАН, Москва.³МФТИ, Москва.89167060449, mantonova@inr.ru

Основной целью нейтринного эксперимента с длинной базой T2K (Япония) является исследование нейтринных осцилляций. Экспериментальная установка состоит из нейтринного канала, ближнего комплекса детекторов ND280 и INGRID и дальнего водного Черенковского детектора Супер-Камиоканде. Именно в рамках данного эксперимента было впервые получено подтверждение осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ на уровне $7,3\sigma$ [1], что дало возможность для изучения CP нарушения, поэтому с 2013 года был начат набор статистики на пучке антинейтрино. CP нечетная асимметрия в нейтринных осцилляциях определяется следующим образом:

$$A_{CP} = \frac{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) - P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)}{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) + P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)} \sim \frac{\Delta m_{21}^2 L \sin(2\theta_{12})}{4E \sin \theta_{13}} \sin \delta \quad (1)$$

Как видно из формулы (1), если проводить измерения при постоянном и оптимальном отношении L к E, а именно в осцилляционном максимуме, величина CP – асимметрии не зависит от энергии нейтрино и может быть измерена в эксперименте с пучками нейтрино и антинейтрино.

Изучение осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ и $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ происходит следующим образом: с помощью ND280 измеряют параметры пучка мюонных нейтрино (антинейтрино) вблизи мишени т.е. до осцилляций; затем на основе этих данных делается предсказание числа событий и спектр электронных нейтрино (антинейтрино) в дальнем детекторе Супер-Камиоканде, в предположении отсутствия осцилляций. Измеренное число нейтринных (антинейтринных) событий и их спектры сравниваются с предсказанными в отсутствие осцилляций. Из этого сравнения в дальнейшем извлекаются осцилляционные параметры.

В настоящее время эксперимент T2K проводит набор статистики с пучком мюонных антинейтрино. Уже измерены осцилляции нейтрино $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_\mu$ (эксперимент на исчезновение),

зарегистрировано 34 мюонных нейтрино (рис.1), в то время как ожидалось 104 таких событий в отсутствие осцилляций (рис.2), и получены параметры осцилляций мюонных антинейтрино, которые хорошо согласуются с параметрами осцилляций мюонных нейтрино [2].

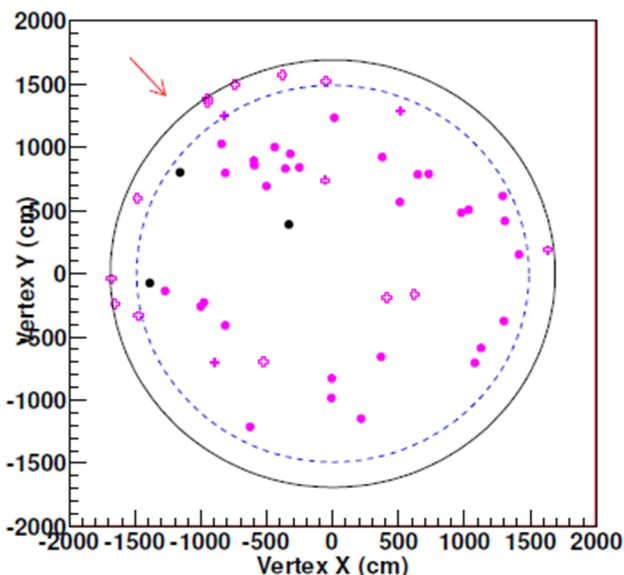


Рис. 1 События, соответствующие мюонным антинейтрино, в S-K. Красная стрелка показывает направление пучка. ● - события в чувствительном объеме, полученные в июне 2014; ● - события в чувствительном объеме, полученные с декабря 2014 по июнь 2015; + - события вне чувствительного объема детектора. [2]

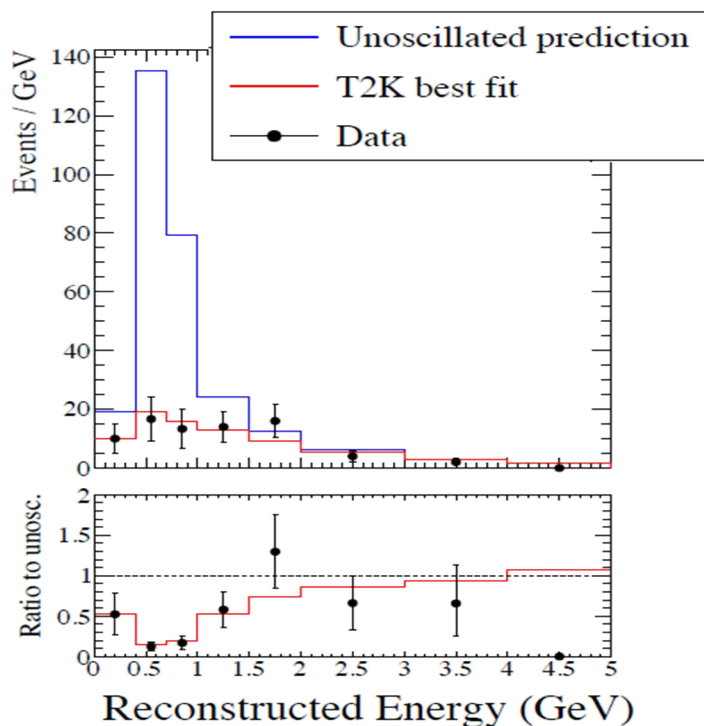


Рис. 2. Энергетический спектр мюонов с учетом осцилляций и в предположении их отсутствия. [2]

Одновременно проводится поиск появления $\bar{\nu}_e$ в чистом пучке $\bar{\nu}_\mu$. В этом случае осуществляется поиск электроноподобных событий с импульсами более 100 МэВ. В дальнем детекторе уже детектировано 3 таких события (рис. 3) при ожидаемом фоне в отсутствие осцилляций 1,5 события.

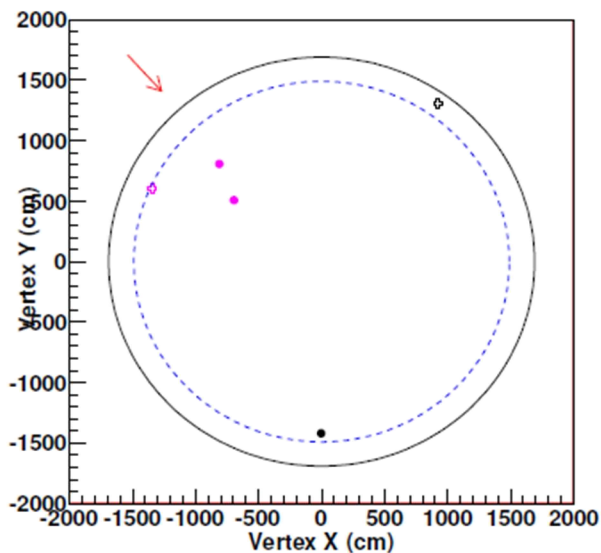


Рис.3. События, соответствующие электронным антинейтрино, в S-K. Красная стрелка показывает направление пучка. ● - события в чувствительном объеме, полученные в июне 2014; ● - события в чувствительном объеме, полученные с декабря 2014 по июнь 2015; + - события вне чувствительного объема детектора. [2]

Для получения первых результатов по измерению CP нечетной фазы δ , необходимо продолжать набор статистики с пучком мюонных антинейтрино. Начало следующего сеанса T2K запланировано на январь 2016 г.

Литература

1. *K.Abe et al.*// Observation of Electron Neutrino Appearance in a Muon Neutrino Beam. Phys.Rev.Lett. 112 (2014) 061802.
2. *Melody Ravonel.* New anti-neutrino results from T2K. URL://<http://www.t2k.org/docs/talk/215>