

Поиск тяжелых нейтрино в ближнем детекторе ND280 эксперимента T2KС.Б. Суворов^{1,2}, А.О. Измайлов²¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Институт ядерных исследований РАН

Общепринятая в физике Стандартная модель (СМ) не может объяснить весь спектр наблюдаемых явлений. Для ее дополнения было разработано множество теорий. Важной задачей экспериментальной физики стал поиск отклонений от СМ и проверка различных гипотез. Во многих теоретических моделях делается предположение о существовании правополяризованных фермионов (или нейтральный фермион, или стерильное нейтрино, или HNL – Heavy Neutral Lepton)[1]. Данная работа посвящена исследованию возможности поиска тяжелых нейтрино в ближнем детекторе ND280 эксперимента T2K.

T2K [2] — это эксперимент по нейтринным осцилляциям с длинной базой. Его основной целью является измерение параметров осцилляций и сечений взаимодействий. Пучок протонов ускорителя JPARC направляется на графитовую мишень. Рождаемые мезоны фокусируются, а затем распадаются преимущественно на ϑ_μ . Пучок нейтрино исследуется ближним (280 м) и дальним (300 км, Super - Kamiokande) детекторами. Ближний детектор ND280 представляет из себя off-axis магнитный детектор, включающий в себя три время-проекционные камеры (TPC), два сцинтилляционных детектора (FGD), детектор π^0 , электромагнитные калориметры, детектор мюонов. Наибольший интерес для поиска тяжелых нейтрино представляют TPC, заполненные аргоном. Разность плотностей почти на 4 порядка по отношению к сцинтилляционным детекторам ведет к сильному подавлению фона от активных нейтрино.

HNL рождаются в распадах мезонов через смешивание с обычными нейтрино. В нашем эксперименте рождаются в большом количестве K^+ и π^+ мезоны. Наиболее интересно рассмотрение К-мезонов, из-за большой массы родительской частицы для исследования доступен большой диапазон масс. Были рассмотрены моды рождения HNL $K^+ \rightarrow e + N$ и $K^+ \rightarrow \mu + N$, а так же моды распада $N \rightarrow \mu^- + \pi^+$, $N \rightarrow e^- + \pi^+$, $N \rightarrow \mu^\mp + e^\pm + \vartheta$, $N \rightarrow e^\mp + e^\pm + \vartheta$ и $N \rightarrow \mu^\mp + \mu^\pm + \vartheta$.

Нами было проведено Монте-Карло моделирование поведения тяжелых нейтрино, рожденных в распадах каонов, в результате был получен поток HNL на входе в ND280.

Используя эти результаты, а так же зная чувствительный объем детектора, была получена оценка на предельную чувствительность эксперимента к элементу смешивания тяжелого фермиона с различными поколениями активного нейтрино. Полученная оценка полностью совпала с феноменологическим предсказанием Asaka et al[3].(рис 1)

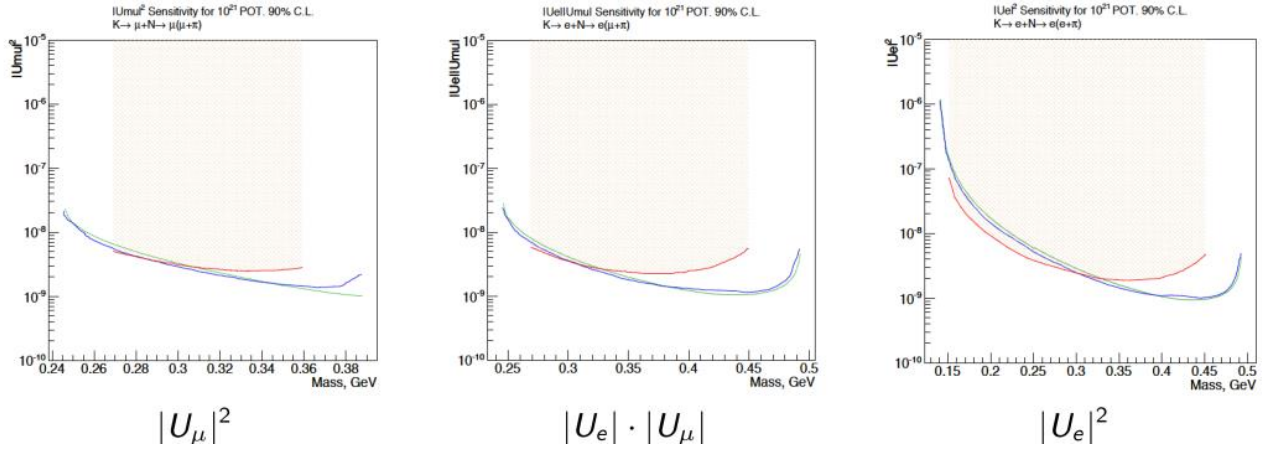


Рис. 1. Предельная чувствительность эксперимента к элементам смешивания. Красным показаны существующие ограничения PS191, синим предсказания чувствительности Asaka et al [3], зеленым чувствительность по результатам настоящего исследования для статистики 10^{21} POT в предположении отсутствия фона и 100% эффективности.

Следующим шагом стало моделирование распадов HNL в детекторе, а затем исследование поведения вторичных частиц в ND280. Были сформулированы критерии отбора сигнальных и подавления фоновых событий. В результате при статистике 10^{21} протонов на мишени (POT) фон по данным Монте-Карло моделирования для моды $K^+ \rightarrow e + N \rightarrow e + (\mu^- + \pi^+)$ составляет около 20 событий, при этом эффективность восстановления сигнальных $\sim 50\%$. (рис. 2).

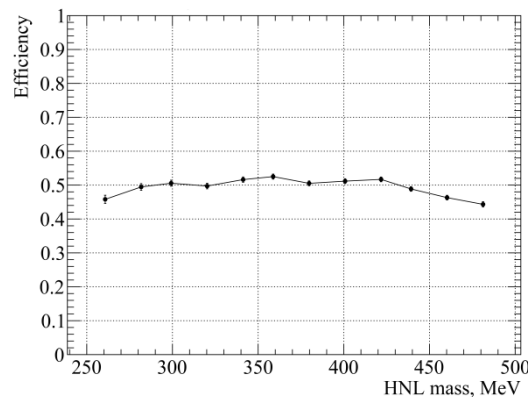


Рис.2. Эффективность восстановления сигнальных событий в зависимости от массы для моды $K^+ \rightarrow e + N \rightarrow e + (\mu^- + \pi^+)$

Список применяемых критериев для отбора сигнальных событий (пример для моды $K^+ \rightarrow e + N \rightarrow e + (\mu^- + \pi^+)$):

1. Вершина взаимодействия в чувствительной объеме время-проекционной камеры, из вершины выходят ровно два разноименно заряженных трека,
2. Ограничение на полярный угол импульса родительской частицы $\cos(\theta) > 0.97$,
3. Ограничение на относительный угол разлета дочерних частиц $\cos(\theta) > 0$,
4. Положительная частица идентифицирована как мюон,
5. Отрицательная частица идентифицирована как пион
6. Восстановленная инвариантная масса родителя лежит в диапазоне от 250 до 800 МэВ,
7. Нет активности в предыдущих детекторах

При полной ожидаемой статистике в эксперименте $2 \cdot 10^{22}$ POT есть возможность улучшить ограничения на элементы смешивания до значений $|U|^2 < 10^{-9}$. Так же имеется возможность дальнейшего снижения числа фоновых событий.

Литература.

1. *Asaka T., Blanchet S., Shaposhnikov M.* The ϑ MSM, dark matter and neutrino masses *Physics Letters B.* – 2005. – Т. 631. – №. 4. – С. 151-156
2. *Abe K. et al.* The T2K experiment *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.* – 2011. – Т. 659. – №. 1. – С. 106-135.
3. *Asaka T., Eijima S., Watanabe A.* Heavy neutrino search in accelerator-based experiments *Journal of High Energy Physics.* – 2013. – Т. 2013. – №. 3. – С. 1-24.