

Поиск тяжелых нейтрино с помощью измерений спектров ^{144}Ce - ^{144}Pr полупроводниковыми спектрометрами

Wednesday 2 July 2025 18:50 (20 minutes)

В настоящее время одной из актуальных задач нейтринной физики является поиск четвертого, так называемого «стерильного» состояния нейтрино, практически не подверженного слабому взаимодействию, что делает затруднительным его экспериментальное обнаружение. Современные варианты расширения Стандартной Модели, в частности, предполагают существование тяжелых стерильных нейтрино с массой от кэВ до сотен ГэВ. Такие частицы хорошо подходят для объяснения барионной асимметрии Вселенной и могут являться частицами темной материи. Обнаружить тяжелые стерильные нейтрино можно в экспериментах по поиску проявлений смешивания таких частиц с активными типами нейтрино.

Для поиска тяжелого нейтрино в бета-распадах ядер в лаборатории низкофоновых измерений ОПЯД ПИЯФ созданы два типа бета-спектрометров, основанные на полупроводниковых Si-детекторах. Первый спектрометр типа «мишень-детектор» представлял собой Si(Li)-детектор полного поглощения, толщиной 6 мм и диаметром чувствительной области 6,5 мм, над поверхностью которого располагался источник ^{144}Ce , нанесенный на лавсановую подложку. Дополнительно в систему подключался тонкий пролетный Si-детектор толщиной 0.3 мм для отбора (анти)совпадающих событий. Вся система помещалась в вакуумный криостат и охлаждалась до температуры жидкого азота. Каждый детектор был оснащен зарядочувствительным предусилителем, усилителем и АЦП [1, 2].

Спектрометр второго типа, имеющий 4 π геометрию, представлял собой два Si(Li) детектора толщиной 8.9 мм и 9.2 мм и диаметрами чувствительной области 20 и 18 мм, соответственно, приведенные в плотный контакт друг с другом. В одном из детекторов была вышлифована лунка, в которую был нанесен источник ^{144}Ce . Спектрометр в такой геометрии позволял регистрировать полную энергию электрона, исключая обратное рассеяние электронов от поверхности кристалла. Детекторы помещались в вакуумный криостат и охлаждались до температуры жидкого азота. Для данного спектрометра использовалось цифровое преобразование сигнала [3, 4].

Бета-спектр, в случае излучения тяжелого нейтрино, представляет собой сумму двух бета-спектров: для нейтрино массой $m \simeq 0$ и дополнительного вклада для тяжелого нейтрино с массой $m = m_{eH}$, который пропорционален углу смешивания $|U_{eH}|^2$. Для тяжелого нейтрино с массой в диапазоне (0.003 - 2.7) МэВ были получены верхние ограничения на параметр смешивания $|U_{eH}|^2$, при этом ограничения в интервале масс $m_{eH} = (0.1-2.0)$ МэВ являются наиболее строгими на сегодняшний день.

[1] А. В. Дербин и др., Письма в ЖЭТФ, 108, 531 (2018)

[2] Alekseev I. E. et al., NIM A, 890, 64 (2018)

[3] Alekseev I. E. et al., Instr. Exp. Tech. 64, 190 (2021)

[4] Alekseev I. E. et al., J. of Phys. Conf. Ser., 2103, 012141 (2021).

Primary author: НИЯЗОВА, Нелли (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ)

Co-authors: ДЕРБИН, Александр (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ); ДРАЧНЕВ, Илья (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ); МУРАТОВА, Валентина (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ); ТРУШИН, Максим (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ); УНЖАКОВ, Евгений (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ); СЕМЕНОВ, Дмитрий (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ)

Presenter: НИЯЗОВА, Нелли (НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ)

Session Classification: 9. Poster Session

Track Classification: Section 5. Physics of neutrino and nuclear astrophysics.