

Отзыв официального оппонента доктора физико-математических наук

профессора Ольшевского Александра Григорьевича

на диссертационную работу Шайхиева Артура Тагировича

«Поиск тяжёлых нейтрино в распадах положительных каонов»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертационная работа Артура Тагировича Шайхиева посвящена анализу данных эксперимента E949 (BNL) с целью поиска тяжёлых нейтрино в распаде $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_n$, изучавшемся параллельно с основной задачей эксперимента – поиске и измерении редкого распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \bar{\nu}$. В диссертации достаточно подробно описана мотивация и детали проведенного исследования, в частности, разработка критериев отбора и анализа событий, а также полученные результаты и их сравнение с мировыми данными в этой области.

Актуальность проведенного исследования определяется всё возрастающим интересом к изучению нейтрального лептонного сектора современной теории элементарных частиц, так называемой, Стандартной Модели (СМ). На сегодняшний день СМ демонстрирует блестящее согласие прецизионных экспериментальных измерений и расчетов, включая открытие в предсказанной области масс недостающих ингредиентов СМ, сначала самого тяжелого из кварков, а затем и Хиггс бозона. Это, однако, не изменило нашего представления о СМ, как о некоторой промежуточной эффективной теории с большим количеством параметров и сделало ещё более актуальным поиск явлений, выходящих за рамки СМ.

По общему признанию одним из наиболее перспективных для этого направлений современных исследований является нейтринная физика, в частности, поиск дополнительных тяжёлых нейтральных лептонов в различных диапазонах масс.

Диссертационная работа Артура Тагировича Шайхиева состоит из введения, пяти глав и заключения. Во Введении излагаются цель и методы исследования, формулируются положения, выносимые на защиту, обосновываются актуальность, научная новизна и практическая ценность проведенной работы.

В первой главе рассматриваются общие положения физики нейтрино, в том числе, свойств нейтрино в моделях, расширяющих СМ. В этой главе также приведены данные о существующих ограничениях на параметры смешивания активных нейтрино с тяжелыми стерильными нейтрино для разных диапазонов масс и обсуждается принцип поиска тяжелых нейтрино в двухчастичных лептонных распадах мезонов.

Вторая глава содержит подробное описание экспериментальной установки E949 и процедуры набора данных. При этом основное внимание уделяется компонентам, играющим важную роль в дальнейшем анализе исследуемого процесса. Изложена стратегия поиска тяжелых нейтрино и критерии отбора, разработанные для подавления фоновых процессов.

В главе 3 описываются методы и приводятся результаты расчетов и измерений полной эффективности проведенного анализа. При этом используются как расчеты по методу Монте-Карло, так и анализ самих экспериментальных данных для разных типов триггеров. Приведенные численные оценки говорят о высокой чувствительности эксперимента к искомому процессу во всем исследуемом диапазоне масс тяжелых нейтрино.

В главе 4 содержится подробное описание процедуры анализа 1/20 части статистики экспериментальных данных. Это включает в себя разработку критериев отбора событий сигнала и подавления фона. Здесь же проводятся всевозможные взаимные проверки, сравнения промежуточных измерений с существующими данными и оценки систематических ошибок измерений. Для поиска пиков в распределении по импульсу зарегистрированного мюона и получения верхних пределов на искомый сигнал в анализе использовался один из вариантов применения метода максимального правдоподобия. В тексте содержится подробное описание и обоснование выбора функции правдоподобия, формы распределения в отсутствие сигнала и других этапов применения этого метода.

Глава 5 содержит описание применения разработанных критериев отбора ко всей статистике. Полученное распределение по импульсу мюона анализировалось на предмет поиска пиков. Было показано, что измеренное ограничение для всего исследованного диапазона импульсов мюонов ($130 < P_{\mu} < 200 \text{ MeV}/c$) не превышает статистически ожидаемое ограничение больше, чем на 3 стандартных отклонения. Таким образом, был сделан вывод о том, что в эксперименте не наблюдается статистически значимых отклонений, соответствующих регистрации реакции $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_{\mu}$. Пересчет этого ограничения с учетом статистики каонов, акцептанса установки и других факторов приводит к ограничению сверху на матричный элемент смешивания мюонного и тяжелого нейтрино на уровне 10^{-7} - 10^{-9} для диапазона масс тяжёлого нейтрино 175 - $300 \text{ MeV}/c^2$, соответственно.

В заключении суммируются основные результаты работы и формулируются выводы, которые интегрально можно представить себе как полное, от начала до конца проведенное исследование, включающее в себя все элементы анализа данных, и получение лучших в мире ограничений на матричный элемент смешивания мюонного и тяжелого нейтрино в соответствующем диапазоне масс.

В качестве замечания можно отметить, что идеей выработки критериев отбора на 1/20 части статистики, по-видимому, было последующее сохранение этих критериев для всего набора данных. В то же время, при переходе ко всей статистике был изменен критерий сглаживания при определении формы фона. Это, однако, на мой взгляд, не должно существенно изменить полученных результатов и вынесенные автором на защиту выводы работы не вызывают сомнений.

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, из которых 2 статьи опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а 5 статей в материалах научных конференций, что является хорошей апробацией работы и подтверждает достоверность выводов.

Научная новизна выполненной работы состоит в получении лучшего в мире ограничения на матричный элемент смешивания мюонного и тяжелого нейтрино для диапазона масс тяжёлого нейтрино 175-300 MeV/c².

Полученные в диссертационной работе результаты можно использовать при планировании экспериментов и анализе данных в таких научных центрах, как CERN, JPARC, ОИЯИ, ИФВЭ и других.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Шайхиева Артура Тагировича выполнена на высоком научном уровне, содержит оригинальные результаты, представляет собой законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук в части, касающейся диссертаций на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Шайхиев Артур Тагирович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Доктор физико-математических наук
Начальник отдела Лаборатории ядерных проблем
Объединённого института ядерных исследований
Профессор А.Г.Ольшевский

28 мая 2015г.

Россия, 141980 Московская область, Дубна, ОИЯИ
Тел.8(496) 216-50-77, E-mail: olshevsk@gmail.com

Подпись А.Г.Ольшевского заверяю

Ученый секретарь ЛЯП ОИЯИ
к.ф.-м.н. И.В.Титкова

ФИО: Ольшевский Александр Григорьевич
Учёная степень: Доктор физико-математических наук
Должность, место работы: Начальник Отдела физики элементарных частиц
Лаборатории ядерных проблем
Объединённого института ядерных исследований
Учёное звание: Профессор

Основные работы (за последние 5 лет) по теме диссертации:

- 1) N.Agafonova, ..., A.Olshevsky, et al. [OPERA Collaboration].
«Observation of a first $\bar{\nu}_\tau$ candidate in the OPERA experiment in the CNGS beam».
Phys.Lett. B691 (2010) 138-145.
- 2) F.P.An, ..., A.Olshevski, et al. [Daya Bay Collaboration]
«Observation of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay».
Published in Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 171803.
- 3) S.Shael, ..., A.Olshevski, et al. [LEP Experiments Collaboration]
«Electroweak Measurements in Electron-Positron Collisions at W-Boson-Pair Energies at LEP».
Published in Phys.Rept. 532 (2013) 119-244.
- 4) I.Alexeev, ..., A.Olshevsky, et al.
«DANSSino: a pilot version of the DANSS neutrino detector».
Published in Phys.Part.Nucl.Lett. 11 (2014) 473-482.
- 5) N.Agafonova, ..., A.Olshevsky, et al. [OPERA Collaboraation]
«Evidence for $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ appearance in the CNGS neutrino beam with the OPERA experiment».
Published in Phys.Rev. D89 (2014) 5, 051102.
- 6) A.G.Olshevskiy.
«Reactor neutrino experiments: results and prospects».
Published in Phys.Usp. 57 (2014) 497-502.