

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИЯФ СО РАН

академик

А.Н.Скринский

8 мая 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации - ФГБУН Института ядерной физики им. Г.И.Будкера Сибирского отделения Российской академии наук о диссертации Артура Тагировича ШАЙХИЕВА “Поиск тяжелых нейтрино в распадах положительных каонов”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа А.Т. Шайхиева посвящена весьма актуальной проблеме - поиску тяжелых нейтральных лептонов (тяжелых нейтрино), т.е. Новой Физики за пределами Стандартной Модели (СМ). Хотя проведенные до сих пор тесты СМ не выявили сколь-нибудь значительных и достоверных отклонений от ее предсказаний, существует ряд явлений, указывающий на ее неполноту. Сюда можно отнести нейтринные осцилляции и ненулевую массу нейтрино, барионную асимметрию Вселенной, а также существование темной материи. Многие теоретические модели, предлагающие объяснения этих явлений, требуют существования нейтральных лептонов, массы которых могут находиться в весьма широком диапазоне. Эти теоретические исследования вызвали новую волну экспериментальных поисков подобных частиц с самыми разными свойствами. Данная работа предлагает оригинальный метод поиска тяжелых нейтрино в распадах положительно заряженных каонов и успешно реализует его, используя статистику распадов большого числа каонов, набранную в эксперименте E949 по поиску редкого распада $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ в Брукхейвене.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во Введении формулируются предмет и цели исследования, раскрыта актуальность и научная новизна работы. Автор также приводит в нем

положения, выносимые на защиту, дает информацию об апробации диссертации.

В Главе 1 обсуждается физика нейтрино и фактически дается сжатый литературный обзор как теоретических вопросов, так и ускорительных экспериментов по поиску тяжелых нейтрино и их смешивания с тремя обычными типами нейтрино.

Глава 2 дает описание эксперимента E949, выполнявшегося в Брукхейвенской Национальной лаборатории (США) на синхротроне AGS. Автор обсуждает детектор и особенно подробно останавливается на основном и вспомогательных триггерах. Здесь же описана методика поиска тяжелых нейтрино. Всего для поиска новых частиц можно использовать 1.70×10^{12} событий с остановленным каоном, отобранных основным триггером. Идея поиска достаточно проста – наличие тяжелых нейтрино приведет к появлению дополнительного пика в спектре импульсов положительных мюонов от распада каонов, положение которого однозначно определяется кинематикой процесса.

Все набранные данные разбиты на две группы, включающие 1/20 и 19/20 событий. Первая группа используется для контроля правильности измерения эффективности критериев отбора, для чего измеряются вероятности хорошо изученных распадов $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ и $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \gamma$, для изучения формы фона, а также систематики измерения акцептанса. Вторая группа событий обрабатывается для получения конечного физического результата. Этот метод заметно повышает надежность и достоверность окончательных результатов, особенно в работах, посвященных поиску редких или сильно подавленных процессов.

Глава 3 представляет методику и результаты измерения эффективности критериев отбора искомого процесса и оценивает чувствительность эксперимента. Последняя дается простой формулой и практически не зависит от импульса.

В Главе 4 изучается 1/20 всех экспериментальных данных. В частности, обсуждается важный вопрос о правильности величины акцептанса, измеренного в Главе 3 с помощью хорошо известных вероятностей распадов $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ и $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \gamma$. После внесения всевозможных поправок полученные значения вероятностей в пределах ошибок согласуются со среднемировыми значениями. Здесь же изучаются основные фоновые процессы и отрабатывается методика нахождения пика в спектре им-

пульсов мюона.

Глава 5 описывает обработку всех экспериментальных данных. Разработанная методика позволяет установить модельно-независимые ограничения на величину элемента матрицы смешивания между мюонным и тяжелым нейтрино в интервале масс последнего от 175 до 300 МэВ/ c^2 , которые заметно улучшают предыдущие ограничения.

В Заключение приводятся основные результаты работы и выводы.

Диссертация оставляет хорошее впечатление. Она написана ясным и четким языком, прекрасно иллюстрирована, восприятию результатов способствует большое количество таблиц. Автор демонстрирует хорошее знание и понимание литературы.

К сожалению, автору не удалось избежать некоторых неточностей, пропущенных или лишних запятых. Так, на стр. 7 мы читаем, что в работе шесть глав, хотя их всего пять. В целом автор не злоупотребляет жаргонными выражениями, но встречаются режущие слух “кики”, “зажженные волокна“. Некоторое удивление вызывает обилие непереведенных английских слов, особенно в таблицах. Впрочем, все указанные недостатки относятся лишь к форме изложения и нисколько не умаляют высокого качества проведенных исследований.

Научная новизна и актуальность диссертации не вызывают сомнений. Полученные в ней результаты достоверны и надежно обоснованы. Автор продемонстрировал высокую экспериментальную культуру.

Результаты, полученные в работе, представляют значительный интерес и могут быть использованы во многих центрах, занимающихся исследованием нейтрино, в частности LNF (Фраскати, Италия), ЦЕРН (Женева, Швейцария), FermiLAB (Чикаго, США), КЕК (Цукуба, Япония), ОИЯИ (Дубна, Россия), ИЯФ СО РАН (Новосибирск, Россия) и др.

Основные работы, вошедшие в диссертацию, опубликованы в ведущих российских и международных журналах, а также неоднократно докладывались на российских и международных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация А.Т. Шайхиева является законченным научным исследованием, в котором получены новые фундаментальные результаты, и

безусловно отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам автор несомненно заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Отзыв составил

Доктор физ.-мат. наук

Б.А.Шварц

главный научный сотрудник лаборатории № 3-3
ФГБУН ИЯФ СО РАН

Почтовый адрес:

630090, Новосибирск, пр. акад. Лаврентьева д.11

тел. +7-383-3294376, e-mail: shwartz@inp.nsk.su

г. Новосибирск “05” мая 2015 г.

Отзыв на диссертацию обсуждался и был одобрен на заседании Ученого Совета ФГБУН ИЯФ СО РАН. Протокол N20 от 05.05.2015 г.

Ученый секретарь ИЯФ СО РАН
кандидат физ.-мат. наук

А.В. Васильев

Данные об организации

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук
2. Новосибирск
3. 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 11. ИЯФ СО РАН; телефон +7 (383) 329-47-60, факс +7 (383) 330-71-63, адрес электронной почты inp@inp.nsk.su, сайт <http://www.inp.nsk.su/>
4. Основные публикации по теме защищаемой диссертации за 5 лет:

- [1] T. Saito, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], "Measurement of the $\bar{B} \rightarrow X_s \gamma$ Branching Fraction with a Sum of Exclusive Decays," *Phys. Rev. D* **91**, no. 5, 052004 (2015)
- [2] M. N. Achasov, A. Y. Barnyakov, K. I. Beloborodov, A. V. Berdyugin, D. E. Berkaev, A. G. Bogdanchikov, A. A. Botov and T. V. Dimova *et al.*, "Study of the process $e^+e^- \rightarrow n\bar{n}$ at the VEPP-2000 e^+e^- collider with the SND detector," *Phys. Rev. D* **90**, no. 11, 112007 (2014)
- [3] P. Adlarson, ..., B. Shwartz, *et al.* [WASA-at-COSY Collaboration], "Measurement of the $np \rightarrow np\pi^0\pi^0$ Reaction in Search for the Recently Observed $d^*(2380)$ Resonance," *Phys. Lett. B* **743**, 325 (2015)
- [4] R. R. Akhmetshin, ..., B.A. Shwartz, *et al.* [CMD-3 Collaboration], "Search for the process $e^+e^- \rightarrow \eta'(958)$ with the CMD-3 detector," *Phys. Lett. B* **740**, 273 (2015)
- [5] K. Chilikin, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], "Observation of a new charged charmoniumlike state in $\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K^- \pi^+$ decays," *Phys. Rev. D* **90**, no. 11, 112009 (2014)
- [6] T. Peng, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], "Measurement of $D^0 - \bar{D}^0$ mixing and search for indirect CP violation using $D^0 \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$ decays," *Phys. Rev. D* **89**, no. 9, 091103 (2014)
- [7] V. M. Aulchenko, ..., B.A. Shwartz, *et al.* [KEDR Collaboration], "Measurement of the ratio of the leptonic widths $\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$ for the J/ψ meson," *Phys. Lett. B* **731**, 227 (2014)

- [8] P. Krokovny, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “First observation of the $Z_b^0(10610)$ in a Dalitz analysis of $\Upsilon(10860) \rightarrow \Upsilon(nS)\pi^0\pi^0$,” *Phys. Rev. D* **88**, no. 5, 052016 (2013)
- [9] P. Adlarson, ..., B. Shwartz, *et al.* [WASA-at-COSY Collaboration], “Search for a dark photon in the $\pi^0 \rightarrow e^+e^-\gamma$ decay,” *Phys. Lett. B* **726**, 187 (2013)
- [10] Z. Q. Liu, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “Study of $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$ and Observation of a Charged Charmoniumlike State at Belle,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 252002 (2013)
- [11] R. R. Akhmetshin, ..., B.A. Shwartz, *et al.* [CMD-3 Collaboration], “Study of the process $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+\pi^-)$ in the c.m. energy range 1.5–2.0 GeV with the CMD-3 detector,” *Phys. Lett. B* **723**, 82 (2013)
- [12] D. Liventsev, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “Search for heavy neutrinos at Belle,” *Phys. Rev. D* **87**, no. 7, 071102 (2013)
- [13] I. Adachi, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “Evidence for $B^- \rightarrow \tau^- \bar{\nu}_\tau$ with a Hadronic Tagging Method Using the Full Data Sample of Belle,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, no. 13, 131801 (2013)
- [14] A. Vinokurova, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “Study of $B^\pm \rightarrow K^\pm(K_S K \pi)^0$ Decay and Determination of η_c and $\eta_c(2S)$ Parameters,” *Phys. Lett. B* **706**, 139 (2011)
- [15] I. Adachi, ..., B. Shwartz, *et al.* [Belle Collaboration], “First observation of the P -wave spin-singlet bottomonium states $h_b(1P)$ and $h_b(2P)$,” *Phys. Rev. Lett.* **108**, 032001 (2012)