

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.04 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20 сентября 2021 г. № 41

О присуждении Скробовой Наталии Алексеевне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Калибровка детектора DANSS с помощью космических мюонов и статистический анализ данных» по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц» принята к защите 7 июня 2020 года, протокол № 38 диссертационного совета Д002.023.04, созданного 9 ноября 2012 года приказом № 717/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Скробова Наталия Алексеевна, 1992 года рождения, в 2016 году окончила Факультет общей и прикладной физики Московского физико-технического института (МФТИ), защитив магистерскую дипломную работу. С 1 октября 2016 года обучалась в аспирантуре МФТИ на Образовательной программе «Фундаментальные взаимодействия и физика элементарных частиц», являющейся базовой кафедрой МФТИ в ФИАН, по специальности 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц» и закончила её в 2020 году, получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2021 году.

С 2017 года Н.А. Скробова работает в Лаборатории тяжелых кварков и лептонов ФИАН; в настоящее время по результатам конкурса занимает должность высококвалифицированного младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа Н.А. Скробовой выполнена в Лаборатории тяжелых кварков и лептонов ФИАН.

Научный руководитель – Данилов Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, работает в Лаборатории тяжелых кварков и лептонов ФИАН в должности высококвалифицированного главного научного сотрудника.

Официальные оппоненты:

Синев Валерий Витальевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории гамма-астрономии и реакторных нейтрино Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт ядерных исследований Российской академии наук»,

Лубашевский Алексей Владимирович, кандидат физико-математических наук, начальник сектора №1 отдела НЭОЯС и РХ, Лаборатории ядерных проблем Международной межправительственной организации «Объединенный институт ядерных исследований»,

дали положительные отзывы о диссертации и указали, что соискатель Скробова Н.А. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Студеникиным Александром Ивановичем, профессором кафедры теоретической физики физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, указала, что

соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus, опубликовано 8 работ. Результаты работы были представлены в 7 докладах на международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Н.А. Скробовой работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Skrobova, N. // Statistical data analysis in the DANSS experiment // Journal of Physics: Conference Series. — 2020. — Vol. 1690. — P. 012173. — URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1690/1/012173> — (Scopus, BAK).
2. G. Alekseev... N. A. Skrobova ... // DANSS Neutrino Spectrometer: Detector Calibration, Response Stability, and Light Yield // Phys. Part. Nuclei Lett. — 2018. — Vol. 15. — P. 272. — URL: <https://doi.org/10.1134/S1547477118030020> — (Scopus, WoS, BAK).
3. Skrobova, N. // Calibration of the DANSS Detector with Cosmic Rays // Bull. Lebedev Phys. Inst. — 2018. — Vol. 45. — P. 325. — URL: <https://doi.org/10.3103/S106833561810010X> — (Scopus, WoS, BAK).
4. G. Alekseev... N. A. Skrobova ... // Search for sterile neutrinos at the DANSS experiment // Phys.Lett.B. — 2018. — Vol. 787, no. 10. — P. 6—63. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2018.10.038> — (Scopus, WoS, BAK).
5. Skrobova, N. // Statistical data analysis in the DANSS experiment // Journal of Physics: Conference Series. — 2019. — Vol. 1390. — P. 012056.— URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1390/1/012056> — (Scopus, BAK).
6. Skrobova, N. // Estimation of the DANSS Experiment Sensitivity to Neutrino Oscillations // Bull. Lebedev Phys. Inst. — 2020. — Vol. 47. — P. 101—

104. — URL: <https://doi.org/10.3103/S1068335620040077> — (Scopus, WoS, BAK).

7. Skrobova, N. // New results from the DANSS experiment // International Journal of Modern Physics A. — 2020. — Dec. — Vol. 35. — P. 2044015. — URL: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217751X20440157> — (Scopus, WoS, BAK).

8. Skrobova, N. // Statistical Data Analysis in the DANSS Experiment Including Antineutrino Relative Count Rate Data as a Function of Distance // Bull. Lebedev Phys. Inst. — 2020. — Vol. 47. — P. 271—275. — URL: <https://doi.org/10.3103/S1068335620090067> — (Scopus, WoS, BAK).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области физики элементарных частиц, и особенно в физике нейтрино.

В работе получены следующие результаты:

1. Разработан метод анализа данных, использующий информацию об изменении в форме энергетического спектра позитронов в реакции обратного бета-распада на разных расстояниях от активной зоны ядерного реактора до детектора. При помощи этого максимально модельно-независимого подхода получены ограничения на параметры гипотетического стерильного нейтрино с использованием гауссовского CL_s метода. Полученная область исключения перекрывает большую и самую интересную часть предсказаний на основе результатов предыдущих экспериментов, указывающих на существование стерильного нейтрино, т. н. галлиевая аномалия и реакторная антинейтринная аномалия (GA и RAA). Для ряда значений параметра Δm^2_{41} полученные ограничения оказались лучшими в мире. В частности, наилучшая точка для объяснения предыдущих экспериментов исключена на уровне более 5σ , что также является лучшим в мире результатом. Показано, что используемый метод статистического анализа — гауссовский CL_s метод —

в среднем дает более консервативные результаты, чем метод растрового сканирования. Проведен анализ влияния систематических погрешностей на полученный области исключения и продемонстрирована стабильность результатов.

2. С помощью численных Монте-Карло экспериментов получены оценки чувствительности установки к параметрам гипотетического стерильного нейтрино. Показано, что полученные в эксперименте области исключения параметров стерильного нейтрино, находятся в разумном согласии с рассчитанной чувствительностью эксперимента. Получены оценки чувствительности эксперимента после его модернизации. Показано, что расширение чувствительности установки в области больших Δm^2_{41} позволит проверить результаты эксперимента Нейтрино-4, который заявляет о наблюдении стерильного нейтрино.

3. Получены ограничения на параметры стерильного нейтрино на основе не только различий в форме энергетического спектра позитронов, но и с учетом относительных счетов антинейтрино в зависимости от расстояния от детектора до активной зоны реактора. Изучены дополнительные систематические погрешности, которые влияют на анализ с учетом информации об относительных счетах установки. Стабильная работа детектора в течении 4 лет демонстрирует, что эти погрешности достаточно малы, что делает возможным использование такого метода анализа. Использование дополнительной информации позволило еще более расширить область исключения параметров стерильного нейтрино, которая для некоторых Δm^2_{41} простирается вплоть до $\sin^2 2\theta_{ee} < 0.008$, что стало лучшим в мире.

4. Было установлено, что значимость полученной в эксперименте оптимальной точки для гипотезы со стерильным нейтрино составляет 1.5σ . Для оценки значимости использовался метод Фельдмана-Кузинса. Показано, что это более консервативная оценка значимости, нежели часто используемая оценка на основе применения теоремы Вилкса (условия которой не

выполняются при поиске осцилляций нейтрино). Таким образом, в эксперименте DANSS не обнаружено статистически значимых свидетельств существования стерильного нейтрино, а получены жесткие ограничения на его параметры.

5. Разработан метод коррекции нелинейности кремниевых фотоумножителей в детекторе DANSS при помощи восстановленных треков космических мюонов. Определено эффективное количество пикселей в кремниевых фотоумножителях. Проверена линейность отклика сцинтилляционных счетчиков после корректировки насыщения кремниевых фотоумножителей, которая оказалась лучше 1%. Это коррекция использовалась во всем дальнейшем анализе данных, т. е. в том числе в анализе по поиску стерильного нейтрино.

Результаты работы Н.А. Скробовой оригинальны и научно обоснованы. Их достоверность подтверждается адекватным выбором экспериментальных методик, использованием современного оборудования и хорошим согласием оценок, сделанных на основе данных последующих экспериментальных работ и полученных результатов. Все результаты диссертации получены лично автором либо при его непосредственном участии.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что впервые поиски стерильного нейтрино проведены при помощи одного и того же детектора на различных расстояниях от ядерного реактора. Этот подход позволяет избавиться от влияния многих систематических неопределенностей. Кроме того, полученные в диссертации результаты не зависят от теоретических предсказаний величин потоков антинейтрино от реактора. В результате исключена большая и самая интересная область пространства параметров осцилляций стерильного нейтрино, где имелись указания на его существование в других экспериментах. Показано, что чувствительность эксперимента DANSS после модернизации будет достаточна для проверки утверждения коллаборации Нейтрино-4 о

наблюдении стерильного нейтрино. Разработан новый метод калибровки детектора и коррекции нелинейности отклика кремниевых фотоумножителей с помощью космических мюонов.

Полученные в результате исследования ограничения на параметры стерильного нейтрино могут быть использованы для проверки теоретических моделей. Они уже использованы в глобальных анализах ограничений на параметры стерильного нейтрино. Совместно с ограничениями на вероятности исчезновения мюонного нейтрино полученные результаты могут быть использованы для получения ограничений на вероятность рождения электронных нейтрино в пучках мюонных нейтрино, где имеются свидетельства такого процесса в экспериментах LSND и MiniBooNE. Разработанные методы анализа и калибровки могут использоваться в других экспериментах.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В ходе защиты критических замечаний со стороны членов диссертационного совета и присутствующих в зале высказано не было. Соискатель Скробова Н.А. ответила на заданные ей вопросы от Р.В. Мизюка, Ю.И. Стожкова, Н.Г. Полухиной, В.В. Синева, М.В. Завертьева, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 20 сентября 2021 года диссертационный совет принял решение: за получение новых пределов на параметры стерильного нейтрино, установленных с помощью разработанных методов анализа данных и энергетической калибровки эксперимента DANSS, что является научным достижением, имеющим важное значение для физики нейтрино, присудить Н.А.Скробовой учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении голосования члены диссертационного совета в количестве 18 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени – 18,
против присуждения учёной степени – 0,
воздержавшихся – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета,
д.ф.-м.н.,

Полухина Наталья Геннадьевна

Учёный секретарь диссертационного
совета,
д.ф.-м.н.

Баранов Сергей Павлович

20 сентября 2021 г.