

ОТЗЫВ

официального оппонента Титова Олега Александровича
на диссертацию Мефодьева Александра Владимировича
на тему “Разработка и создание магнитного нейтринного детектора Baby MIND”,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация Мефодьева А. В. посвящена созданию ближнего детектора нейтрино Baby MIND для пучкового эксперимента T2K. Физика нейтрино - активно развивающаяся область фундаментальной физики частиц; именно с ней в значительной мере связывают поиск физики за рамками Стандартной модели. T2K является одним из ключевых действующих нейтринных экспериментов, направленных на решение таких вопросов, как поиск CP-нарушения в лептонном секторе и определение иерархии масс нейтрино. В связи с этим разработка детектора Baby MIND, позволяющего снизить систематические ошибки эксперимента T2K и повысить его статистическую значимость, представляется весьма актуальной.

Исследование, представленное в диссертации, включает в себя весь цикл работ по созданию детектора Baby MIND, от разработки и сборки до получения первых физических результатов. Представленные в диссертации положения (в том числе - основные положения, выносимые на защиту), результаты и выводы в высокой степени обоснованны. Хорошей иллюстрацией достоверности результатов диссертации является рисунок 5.40 (стр. 162), на котором приведён спектр мюонов, зарегистрированных детектором в ходе первого физического сеанса на нейтринном пучке; данные хорошо согласуются с ожидаемым спектром - это означает, что созданная установка функционирует правильным образом, а методы обработки сигнала и анализа данных корректны.

Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях и докладывались автором на российских и международных конференциях.

Все этапы исследования содержат элементы новизны. Можно отметить, в частности, что в работе реализованы новые подходы к конструкции и намагничиванию магнитных модулей, являющихся ключевым элементом детектора. Эти подходы представляют интерес не только для эксперимента T2K, но и для других нейтринных экспериментов.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования и приводится общая характеристика работы.

В главе 1 приводится общее описание явления осцилляций нейтрино и даётся обзор основных экспериментов, направленных на изучение этого явления. Материал полезен для понимания места эксперимента T2K в общемировой картине осцилляционных экспериментов. Несколько нелогичным выглядит порядок подачи

материала: автор сначала описывает эксперименты и указывает полученные в них значения параметров осцилляций и лишь затем разъясняет смысл этих параметров.

Глава 2 посвящена обзору основных характеристик и результатов эксперимента T2K. В целом глава информативна и логично построена. Отмечу два вопроса, которые, на мой взгляд, было бы уместно раскрыть в этой главе. Во-первых, автор регулярно упоминает в тексте, что детекторы расположены под тем или иным углом к оси пучка. Пояснение, почему же они так располагаются, приводится лишь в главе 5, хотя логично было бы обсудить этот вопрос как раз в главе, посвящённой общему описанию эксперимента. Во-вторых, во введении и в главе 2 упоминается, что новые детекторы (включая Baby MIND) позволят уменьшить систематическую ошибку с помощью “подхода, аналогичного использованному ранее”, однако сам подход не обсуждается. Хотя автор и приводит ссылку на статью, в которой раскрывается этот подход, разумно было бы привести эти сведения в явном виде в главе 2.

В главе 3 описана конструкция детектора Baby MIND. В главе разобраны основные этапы создания детектора, связанные с его сборкой и тестированием основных систем. Всё это хорошо проиллюстрировано с помощью фотографий и схем. К сожалению, иллюстрации не всегда сопровождаются чёткими пояснениями. Так, например, на стр. 61 речь идёт о тестировании сцинтилляционных счётчиков. Автор приводит графики, на основании которых должен делаться вывод о наличии брака, однако явный вывод о том, был ли выявлен брак, в тексте не приводится.

В главе 4 описаны процедуры тестирования детектора Baby MIND на пучке заряженных частиц. Глава хорошо проиллюстрирована. В разделе 4.4.11. утверждается: “Анализ реконструированных треков позволил сделать вывод, что события представляют собой смесь мюонов и пионов даже после первоначального отбора мюонов”. Дополнительных комментариев и каких-либо ссылок автор, к сожалению, не приводит, так что проверить утверждение невозможно (впрочем, далее в работе это утверждение и не используется).

Глава 5 посвящена результатам, полученным уже непосредственно на нейтринном пучке; речь идёт как о дополнительных тестах детектора, так и о получении физических результатов. Как и две предыдущие главы, глава хорошо проиллюстрирована. Приведу два замечания по данной главе. На рисунке 5.11 сравнивается количество восстановленных треков до и после установки дополнительных модулей в детектор. В основном после установки модулей ситуация улучшается, однако есть небольшой участок на рисунке 5.11б ($\cos\theta = 0.8-0.9$), где до установки модуля ситуация несколько лучше, чем после. К сожалению, из рисунка и текста непонятно, насколько это значимый эффект. Далее, на рисунке 5.26а присутствует фраза “zigzag pattern in physics data is expected”; из подписи к рисунку и основного текста неясно, к чему эта фраза здесь приведена.

Отмечу некоторые общие замечания к тексту диссертации:

1. Присутствуют опечатки и описки, что, впрочем, естественно для текста такого большого объёма.
2. Не всегда последовательно и однообразно используются аббревиатуры и сокращения (например, на странице 23 для эксперимента Super-Kamiokande используется сначала “Super-K”, а уже в следующем абзаце - “SuperK”).
3. В записи чисел непоследовательно используется десятичный разделитель.

В целом диссертация производит хорошее впечатление. Указанные выше недостатки относятся, в основном, к форме представления результатов, а не к их содержанию, и не снижают научной ценности работы.

Текст диссертации оформлен в соответствии с предъявляемыми к таким работам требованиями. Автореферат правильным образом отражает содержание диссертации.

Диссертация полностью соответствует требованиям “Положения о присуждении учёных степеней”, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Мефодьев Александр Владимирович, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент,
начальник лаборатории теоретической физики
Отделения физики нейтрино
НИЦ «Курчатовский институт»
кандидат физико-математических наук

Титов О.А.

01.12.2021

Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", 123182 Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1
titov_oa@nrcki.ru, +7 (499) 196-71-00, доб. 64-42

Подпись Титова Олега Александровича заверяю:
Главный учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»

Ерёмин И.И.

Титов Олег Александрович

Кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.16 - Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Oralbaev A., Skorokhvatov M., **Titov O.** Calculation of antineutrino spectrum corrections for sterile neutrino experimental searches // J. Phys.: Conf. Ser., 2017. – V. 798. – 012103.
2. Барабанов А.Л., **Титов О.А.** Возможные источники электронных нейтрино с модулируемой монохроматической составляющей // Ядерная физика, 2017. – Т. 80. – №6. – С. 702-709.
3. Барабанов А.Л., **Титов О.А.** Частично монохроматические модулируемые нейтринные пучки // ЭЧАЯ, 2017. – Т. 48. – №6. – С. 927-932.
4. Оралбаев А.Ю., Скорохватов М.Д., **Титов О.А.** О поиске переходов нейтрино в стерильное состояние с использованием интенсивного бета-источника // ЭЧАЯ, 2017. – Т. 48. – №6. – С. 993-997.
5. Atroschenko V., Kopeikin V., Litvinovich E., Lukuanchenko L., Machulin I., Skorokhvatov M., **Titov O.** Calculation and measurement of ^{144}Ce - ^{144}Pr β -spectrum // J. Phys.: Conf. Ser., 2017. – V. 934. – 012012.
6. Барабанов А.Л., **Титов О.А.** Сила отдачи от нейтринного излучения при захвате электронов поляризованными ядрами // Ядерная физика и инжиниринг, 2017. – Т. 8. – №3. С. 242–245.
7. Barabanov A.L., **Titov O.A.** Neutrino recoil force in electron-capture decay of polarized nuclei: Measurement prospects and potential applications // Phys. Rev. C, 2019. – V. 99. – 045502.
8. Barabanov A.L., **Titov O.A.** Method to test Lorentz invariance in electron-capture decay by measuring a neutrino recoil force // J. Phys.: Conf. Ser., 2019. – V. 1390. – 012057.
9. Lomonosov A., Lukuanchenko L., Skorokhvatov M., **Titov O.** Atomic effects in antineutrino spectrum of ^{144}Pr // J. Phys.: Conf. Ser., 2019. – V. 1390. – 012058.
10. Lomonosov A., **Titov O.** Atomic effects in reactor antineutrino spectra calculation // J. Phys.: Conf. Ser., 2020. – V. 1690. – 012176.