

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Синева Валерия Витальевича
на тему: «Исследование осцилляций нейтрино в реакторных экспериментах»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Исследование процесса нейтринных осцилляций является одним из основных направлений современной неускорительной физики элементарных частиц. За последние 10-15 лет наблюдается бум экспериментальных и теоретических исследований в этой области. Повышенный интерес к нейтринным осцилляциям связан с проблемой массы нейтрино и возможностью изучать свойства нейтрино в таких экспериментах. После известных экспериментов с солнечными и атмосферными нейтрино были определены углы смешивания θ_{12} и θ_{23} , но оставался неизвестным угол θ_{13} . Было очень важно определить значение этого угла, чтобы получить полную матрицу смешивания активных нейтрино. Наряду с этим в нескольких экспериментах появились указания на существование так называемых «стерильных» нейтрино. И хотя эти указания не очень надежны, задача проверки этой гипотезы является крайне интересной. Большой интерес представляет также регистрация нейтрино и антинейтрино от сверхновых и геонейтрино из недр Земли. В рамках экспериментов с реакторными антинейтрино очень важна и метрологическая база, которая позволяет обеспечить надежный анализ получаемых данных.

Данная диссертация посвящена исследованию осцилляций нейтрино в реакторных экспериментах, вопросам метрологии в реакторной нейтринной физике и исследованию возможности регистрации природных потоков нейтрино. Т.о. актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Во введении дан краткий исторический обзор экспериментов с реакторными антинейтрино и обосновывается необходимость проведения новых экспериментов для более полного исследования этого явления, включая осцилляции в стерильное состояние. Здесь также излагаются основные цели, научная новизна и практическая ценность работы, положения, выносимые на защиту и список презентаций результатов на семинарах и конференциях.

В первой главе приведена краткая история открытия нейтринных осцилляций с изложением основных результатов экспериментов с солнечными, атмосферными, ускорительными и реакторными нейтрино.

Во второй главе кратко приведена феноменология теории нейтринных осцилляций и приводятся современные значения осцилляционных параметров.

В третьей главе рассматриваются эксперименты по измерению угла смешивания θ_{13} . Изложение начинается с описания проекта эксперимента в Красноярске, где впервые был предложен метод использования идентичных детекторов. Затем приводится подробное описание и технические характеристики экспериментов Double Chooz, Daya Bay и RENO. Приводятся результаты измерения угла θ_{13} . Особое внимание уделено эксперименту Double Chooz, в котором автор принимал непосредственное участие. Измеренный коллаборацией Double Chooz угол смешивания составил $\sin^2 2\theta_{13} = 0.109 \pm 0.030$ (стат.) ± 0.025 (сист.).

В четвертой главе обсуждаются вопросы поиска стерильных нейтрино. Проведен анализ экспериментов, в которых наблюдались аномалии при регистрации нейтрино. Выполнен также совместный анализ реакторных экспериментов используя разработанный автором метод анализа разнородных экспериментов на основе отношений спектров. В результате получено указание на возможное существование стерильного нейтрино (массовый параметр осцилляций в это состояние $\Delta m^2_{14} = 0.9$ эВ² при амплитуде $\sin^2 2\theta_{14} = 0.04-0.05$). Проанализированы возможности планируемых экспериментов по проверке гипотезы существования стерильных нейтрино.

В пятой главе рассматриваются проблемы метрологии в нейтринной физике. Отмечается важность таких параметров как энергия на акт деления и спектр антинейтрино. Приводится методика расчета энергии на акт деления. Полученная точность составила $\sim 0.5\%$, что в два раза лучше результатов предыдущих расчетов. Описан метод разделения экспериментального спектра антинейтрино на составляющие его компоненты (спектры антинейтрино делящихся изотопов). Показаны результаты извлечения спектров делящихся изотопов урана и плутония из измерений ровенского эксперимента. На основании предложенного метода впервые экспериментально получен спектр ^{238}U .

В шестой главе обсуждаются задачи, решаемые большим сцинтилляционным детектором, который предполагается создать в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН на глубине 4800 м в.э. Обсуждаются конструкция детектора и возможные источники фона. Показана важность создания такого детектора для поисков слабых нейтринных потоков и проверки некоторых гипотез образования Земли и эволюции звезд. Приводятся

результаты расчетов количества событий в детекторе от разных природных источников нейтрино (Солнце, Земля, сверхновые, реликтовые нейтрино).

В заключении автор еще раз анализирует выполненную работу и формулирует основные результаты, выносимые на защиту.

Достоверность результатов и выводов автора обеспечена правильным выбором методики эксперимента, квалифицированным исполнением и обстоятельным анализом полученных результатов с учетом литературных данных и теоретических расчетов.

Результаты В.В. Синева имеют несомненную новизну, научную и практическую ценность. Предложенный Синевым В.В. (совместно с Л.А. Микаэляном) метод использования двух идентичных детекторов для проведения экспериментов в едином потоке реакторных антинейтрино дал начало новому направлению реакторных экспериментов и был использован в ряде экспериментов, в которых с хорошей точностью был измерен угол θ_{13} (эксперименты Double Chooz, Daya Bay и RENO). Значение для угла смешивания θ_{13} , полученное коллаборацией Double Chooz (при непосредственном участии автора), включено в таблицы Review of Particle Properties (Particle Data Group) и активно используется в научной литературе. Полученное Синевым В.В. указание на существование стерильного нейтрино стимулирует постановку новых экспериментов. Существенный вклад сделан Синевым В.В. и в метрологию реакторной нейтринной физики. Уточненные значения энергии на акт деления и спектра антинейтрино, экспериментальный спектр ^{238}U уже используются и будут использоваться во многих лабораториях мира. Результаты по большому сцинтилляционному детектору будут использоваться при планировании и проведении новых экспериментов как в нашей стране, так и в ведущих лабораториях мира.

К замечаниям по изложению материала диссертации следует отнести следующее:

1) В главе I (раздел 3.3, Ускорительные эксперименты) не приведены результаты эксперимента T2K по определению угла θ_{13} .

2) Введение начинается с досадной опечатки – говорится, что существование нейтрино «...было предсказано В. Паули в 1920 году...». И далее говорится, что нейтрино было зарегистрировано «...через 30 лет после теоретического предсказания...». На самом деле В. Паули выдвинул предположение о существовании нейтрино в 1930 г. и, соответственно, нейтрино было зарегистрировано через 20 лет после предсказания.

3) Параграф 5 в Главе IV в тексте обозначен как параграф 4.

4) Плохое качество рисунка 24.

Указанные замечания не снижают главных достоинств диссертационной работы В.В. Синева – создания нового направления в экспериментах с реакторными антинейтрино, измерение угла θ_{13} и заметный вклад в метрологию реакторной нейтринной физики.

В целом диссертация В.В. Синева является законченным исследованием, выполнена на высоком научном уровне и свидетельствует об очень высокой квалификации автора.

Диссертационная работа основана на результатах, представленных на конференциях и опубликованных в авторитетных отечественных и зарубежных журналах. Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации.

Диссертация В.В. Синева выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, несомненно, заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент,
доктор физ.-мат. наук

А.С. Барабаш

Подпись А.С. Барабаша заверяю:
Ученый секретарь ФГБУ ГИИРФ ИТЭФ

В.В. Васильев