

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Фазлиахметова Алмаза Наиловича

**«Исследование взаимодействия нейтрино с ядрами ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I ,
 $^{128,130}\text{Te}$ »,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **1.3.15.** – физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий

Диссертация Фазлиахметова А.Н. «Исследование взаимодействия нейтрино с ядрами ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$ » посвящена изучению влияния структуры зарядово–обменной силовой функции на сечение взаимодействия с нейтрино для ядер ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$.

Актуальность темы

Исследование процессов с участием нейтрино и атомных ядер является одним из важных направлений современной физики фундаментальных взаимодействий. В соответствующих экспериментах события, обусловленные захватом солнечных нейтрино, могут быть источником неустраняемого фона. Вклад указанного источника может заметно вырасти при масштабировании экспериментальных установок. Структура ядра мишени существенно влияет на вероятность и характер взаимодействия с налетающим нейтрино. Необходимо отметить, что расчетам сечений захвата при возбуждении ядра выше 5 МэВ посвящено относительно небольшое число исследований. Все это свидетельствует об актуальности темы диссертации.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списка литературы, включающего 102 наименования.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель работы, научная новизна основных результатов и их практическая значимость, выносимые на защиту положения.

В **первой** главе содержится краткий обзор современного состояния теории бета–распада. Описано получение значений гамов–теллоровских (GT) матричных элементов $B(\text{GT})$ переходов между начальным и конечными состояниями ядра из спектра зарядово–обменных реакций (p, n) и $({}^3\text{He}, t)$. Приведено определение коэффициента q , характеризующего эффект подавления, или нарушение нормировки GT матричных элементов.

Вторая глава посвящена расчетам сечений и скоростей захвата нейтрино при взаимодействии с ядрами ${}^{71}\text{Ga}$ и ${}^{127}\text{I}$. Проведен анализ экспериментальных данных по реакциям перезарядки ${}^{71}\text{Ga}({}^3\text{He}, t){}^{71}\text{Ge}$, ${}^{127}\text{I}(p, n){}^{127}\text{Xe}$ и построены силовые функции $S(E)$ с учетом экспериментальных данных. Для ${}^{71}\text{Ga}$ и ${}^{127}\text{I}$ рассчитаны сечения захвата солнечных нейтрино с учетом низко лежащих уровней и высоко лежащей резонансной части. Показано различное влияние учета резонансной части $S(E)$ на скорость захвата нейтрино для ${}^{71}\text{Ga}$ и ${}^{127}\text{I}$.

В **третьей** главе представлено сравнение разных вариантов расчета Ферми-функции и их влияния на сечение захвата нейтрино на примере изотопа ${}^{127}\text{I}$. Полученные оценки сечений захвата солнечных нейтрино для рассмотренных в диссертационной работе вариантов расчета Ферми-функции демонстрируют, что различие в скоростях захвата нейтрино может достигать примерно 15% уже при энергиях нейтрино $E_\nu \sim 10$ МэВ, увеличиваясь далее с ростом E_ν .

Четвертая глава содержит результаты анализа экспериментальных данных по реакциям перезарядки ${}^{76}\text{Ge}({}^3\text{He}, t){}^{76}\text{As}$, ${}^{128}\text{Te}({}^3\text{He}, t){}^{128}\text{I}$, ${}^{130}\text{Te}({}^3\text{He}, t){}^{130}\text{I}$ и расчетов сечений и скоростей захвата солнечных нейтрино для ${}^{76}\text{Ge}$ и ${}^{128,130}\text{Te}$. Показано, что для ядра ${}^{76}\text{Ge}$ учет резонансных состояний приводит к увеличению скорости захвата нейтрино примерно в 1.5 раза для $q = 1$. Схожая ситуация и для ядра ${}^{130}\text{Te}$, в то время как для изотопа ${}^{128}\text{Te}$ наблюдается увеличение примерно в 3 раза.

В **пятой** главе представлены результаты оценки фона от солнечных нейтрино для 100-тонного жидко-сцинтилляционного детектора Баксанского большого нейтринного телескопа (ББНТ) и разработки оптического модуля (концентратора) для прототипа жидко-сцинтилляционного детектора ББНТ массой 5 тонн. Для области интереса указанного детектора ББНТ получен уровень фона

примерно 0.3 события в год от захвата ядрами $^{128,130}\text{Te}$ солнечных нейтрино с учетом их осцилляций.

В **заключении** диссертации перечислены основные результаты работы.

В **приложении** содержится детальная информация для рассчитанного профиля концентратора света.

Новизна исследований определяется тем, что в диссертации

- для ядер ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$ получены параметры ядерных возбуждений и фона от переходов в квазисвободные состояния,
- впервые для ядер ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$ были рассчитаны сечения и скорости захвата солнечных нейтрино при больших (> 5 МэВ) энергиях возбуждения с учетом вклада ядерных резонансов;
- сделана оценка ожидаемого числа событий от захвата солнечных нейтрино, при добавлении природной смеси изотопов теллура в сцинтиллятор для проекта 100–тонного жидко-сцинтилляционного детектора ББНТ.

Значимость полученных в диссертации результатов

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы при оценке фона от солнечных нейтрино для действующих и будущих международных экспериментов в нейтринной физике. В диссертационной работе показано, что при учете вклада от резонансной части силовой функции $S(E)$, сечения и скорости захвата солнечных нейтрино заметно возрастают. Разработанный для 5-тонного прототипа жидко-сцинтилляционного детектора ББНТ концентратор света позволит не только увеличить чувствительность установки, но и снизить денежные расходы на весь проект. Таким образом, результаты проведенных автором диссертации исследований представляют научную и практическую значимость для физики нейтрино.

Степень обоснованности и достоверность полученных результатов

Достоверность результатов работы подтверждается применением апробированных методов экспериментальных и теоретических исследований, согласованностью выводов. Материалы диссертации докладывались на международ-

ных и российских конференциях. Основные результаты полно представлены в научной печати. Все это подтверждает высокую степень обоснованности и достоверности полученных в диссертационной работе результатов.

Говоря о диссертации в целом, необходимо отметить достаточно высокий экспериментальный и феноменологический уровень работы. Личный вклад автора в основные результаты исследования не вызывает сомнения.

Замечания

В качестве замечаний необходимо отметить следующее.

1. В тексте пп. 2.3, 2.4 отсутствует обсуждение качества аппроксимаций экспериментальных зарядово-обменных силовых функций ядер ^{71}Ga и ^{127}I , представленных на рис. 2.6, 2.14 соответственно.

2. На рис. 2.6, 2.14 и 4.16 представлено сравнение экспериментальных силовых функций ядер ^{71}Ga , ^{127}I и $^{128,130}\text{Te}$ только с расчетными кривыми, полученными в рамках теории конечных ферми-систем, в то время как обсуждение результатов на основе других теоретических методик расчета отсутствует.

3. В гл. 2 – 4 скорости захвата солнечных нейтрино рассчитаны без учета осцилляций солнечных электронных нейтрино в другие ароматы, что затрудняет сравнение полученных результатов с уровнями фонов от других источников в экспериментах.

4. В отдельных случаях использованы англоязычные сокращения (стр. 29, 41 и т.д.) и обозначения (рис. 2.4, 2.5 и далее по тексту), встречаются опечатки в тексте автореферата (стр. 4, 7 и т.д.) и диссертации (стр. 14, 17 и т.д.).

Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы и значимость результатов, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертация Фазлиахметова А.Н. «Исследование взаимодействия нейтрино с ядрами ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$ » представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую паспорту заявленной специальности (п. 8, 10). Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. В опубликованных автором работах полно отражены

основные результаты и положения диссертации. Диссертационная работа обладает научной и практической значимостью.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация «**Исследование взаимодействия нейтрино с ядрами ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$** » удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Фазлиахметов Алмаз Наилович**, за вычисление сечений и скоростей захвата солнечных нейтрино в модели Солнца BS05(OP) для ядер ^{71}Ga , ^{76}Ge , ^{127}I , $^{128,130}\text{Te}$ с использованием силовой функции, учитывающей низко лежащие дискретные уровни и ядерные резонансы, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. – физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

Доктор физико-математических наук, доцент, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра физики

Окороков Виталий Алексеевич

Диссертация защищена по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц отрасли науки 01 – физико-математические науки

г. Москва, « 20 » _____ мая _____ 2025 г.

Подпись _____ удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

_____ А.А. Свиная

Почтовый адрес:
115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31
тел. +7-499-788-5699 доб. 5818,
электронная почта: VAOkorokov@mephi.ru

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

1. S. Acharya et al., Prompt and non-prompt J/ψ production at midrapidity in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV, JHEP 02 (2024) 066
2. S.D. Campos, V.A. Okorokov, Optical Theorem, Crossing Property and Derivative Dispersion Relations, Chin. Phys. C 46 (2022) 083105
3. V.A. Okorokov, Global Characteristics of the Medium Produced in Ultra-High Energy Cosmic Ray Collisions, Phys. Atom. Nucl. 82 (2020) 838
4. V.A. Okorokov, Magnetic field in nuclear collisions at ultra high energies, MDPI Physics 1 (2019) 183
5. S.D. Campos, V.A. Okorokov, The Tsallis entropy and the BKT-like phase transition in the impact parameter space for pp and $p\bar{p}$ collisions, Phys. Scripta 95 (2020) 025301
6. S.D. Campos, V.A. Okorokov, Holographic effect and entropy in high energy elastic scattering, Phys. Scripta 95 (2020) 095305