

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Григорьева Сергея Валентиновича на диссертацию Шапиро Дмитрия Дмитриевича на тему «Экспериментальный поиск новых типов межнуклонных взаимодействий, выходящих за рамки Стандартной Модели, с помощью нейтронного рассеяния», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

Представленная на защиту работа посвящена, как и заявлено в названии, экспериментальному поиску новых типов межнуклонных взаимодействий, выходящих за рамки Стандартной Модели, с помощью нейтронного рассеяния. Если формулировать уже, то целью работы является получение ограничений на произведение констант связи нового межнуклонного взаимодействия скаляр-скалярного типа и аксиально-аксиального типа. Для достижения цели необходимо было решить ряд задач: разработать идеи метода, провести эксперименты по рассеянию нейтронов, обработать данные, получить/вывести ограничения на константу связи скаляр-скалярного и аксиально-аксиального взаимодействий и оценить систематическую погрешность, а также и потенциально достижимую чувствительность метода.

В настоящее время Стандартная Модель и Общая Теория Относительности описывает подавляющую часть результатов физических экспериментов. Тем не менее существует ряд явлений, которые они не способны объяснить. Среди фундаментальных проблем, возможные решения которых предполагают введение новых взаимодействий, можно выделить проблемы темной материи и темной энергии, сильную CP-проблему и барионную асимметрию Вселенной. Актуальность работы определяется фактом, наличия экспериментальных данных, не находящих свое объяснение в рамках Стандартной Модели и являющихся возможным указанием на существование новых сил. Разработка новых методов поиска новых типов межнуклонных взаимодействий, таким образом, является важной, научно обоснованной задачей.

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, 3-х глав, заключения и библиографического списка. Результаты работы опубликованы 3 научных трудах, все они входит в перечень цитирования ВАК.

Во введении описывается актуальность темы исследования, в частности, дан обзор некоторых экспериментальных результатов, не находящих своего объяснения в рамках Стандартной Модели. Кроме того, ставятся цели и задачи работы, представлены положения, которые автор выносит на защиту.

Первая глава посвящена обзору методов поиска новых взаимодействий. Указывается, что взаимодействия можно разделить на 2 типа: спин-зависимые и спин-независимые по отношению к частице (фермиону), участвующей во

взаимодействии. Среди спин-зависимых взаимодействий различают скаляр-псевдоскалярное взаимодействие, вектор-аксиальное взаимодействие, и аксиально-аксиальное взаимодействие. Отмечается, что спин-независимое взаимодействие можно параметризовать в виде модификации ньютоновского гравитационного потенциала. В работе указывается, что среди этих методов важную роль играют измерения с помощью нейтронов, поскольку нейтрон участвует во всех известных фундаментальных взаимодействиях, а также является электрически нейтральным, что делает его эффективным инструментом для поиска новых взаимодействий.

Во второй главе описан метод установления ограничений на новое взаимодействие аксиально-аксиального типа из экспериментальных данных нейтронной дифракции в нецентросимметричном кристалле. Целью этого эксперимента являлось измерение электрического дипольного момента (ЭДМ) нейтрона через вращение спина нейтрона в кристалле без центра симметрии. Тем не менее этот же эксперимент удалось использовать и для ограничения на произведение констант связи g_A^2 в зависимости от радиуса взаимодействия в диапазоне от 10^{-12} до 10^{-2} м. Причем в широком диапазоне радиусов эти оценки были произведены впервые.

В третьей главе описан метод установления ограничений на новое взаимодействие скаляр-скалярного типа с помощью порошковой дифракции нейтронов. Был проведен соответствующий эксперимент, проведена тщательная обработка его результатов и получена оценка систематической погрешности и потенциально достижимой точности метода. Основная идея метода состоит в попытке измерить дополнительный вклад в амплитуду рассеяния нейтронов на монокристалле кремния. В работе приведены аргументы в пользу выбора порошка кремния в качестве объекта исследования, такие как нулевой вклад в магнитную амплитуду рассеяния. Рассмотрены возможные вклады и показано, что зависимость амплитуды рассеяния нейтронов a от переданного импульса q содержится в электромагнитном вкладе и во вкладе от нового искомого взаимодействия. Первый из этих вкладов пропорционален атомному форм-фактору $f(q)$, а второй имеет характерный лоренцевский вид. В результате установлены ограничения на константу связи g_S^2 в зависимости от радиуса взаимодействия, которые оказываются лучшими на сегодняшний день на масштабах от 10^{-13} до 10^{-11} м. Отмечается, что чувствительность метода позволяет дополнительно улучшить результаты ограничений по крайней мере на порядок.

В заключении автор кратко формулирует основные выводы, сделанные в работе, и указывает на возможные перспективы исследования.

Диссертационная работа логично структурирована, написана простым ясным языком, хорошо иллюстрирована и практически лишена орфографических, пунктуационных ошибок или опечаток.

Можно лишь отметить, что на стр.27 в предложении «Рассмотрим поведение нейтрона в кристалле в присутствии такого взаимодействия.» следует писать «в присутствии».

К огрехам в работе следует отнести скромное, не совсем ясное описание эксперимента по прохождению нейтрона в кристалле без центра симметрии на стр 31 и стр 32. Так из описания эксперимента не ясно, как по отношению к магнитному полю, был направлен вектор поляризации.

Также, к сожалению, автор не представил конкретных предложений по улучшению точности эксперимента по порошковой дифракции на кремнии. Очевидно, что точность не определяется статистикой набора экспериментальных данных, а многочисленными особенностями в настройке и работе порошкового дифрактометра. Было бы полезно четко сформулировать рекомендации по проведению следующего эксперимента для улучшения ограничений.

Тем не менее, отмеченные недостатки не носят принципиального характера, и в целом работа читается «на одном дыхании». Отдельные результаты и этапы работы регулярно докладывались на многочисленных конференциях и семинарах. Достоверность и научная значимость представленных результатов, опубликованных работах автора, не вызывает сомнений. Многочисленные подробности обработки порошковых дифрактограмм, представленные в работе, позволяют уверенно сказать, что автор отлично разбирается в защищаемой работе, и несомненно играл определяющую роль в ее выполнении.

Диссертация Шапиро Дмитрия Дмитриевича на тему: «Экспериментальный поиск новых типов межнуклонных взаимодействий, выходящих за рамки Стандартной Модели, с помощью нейтронного рассеяния» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Шапиро Дмитрий Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15. Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

доктор физ.-мат.наук,

главный научный сотрудник,

НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ

Григорьев С.В.

11.04.2023



Подпись руки ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ

Григорьев С.В.

ЗИНОВЬЕВА А.Н.

11.04.2023