

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Кондратьева Валерия Петровича 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.

Экспериментальная проверка Стандартной модели (СМ) электрослабых и сильных взаимодействий элементарных частиц, выполненная на современных ускорителях и коллайдерах, продемонстрировала убедительное согласие результатов экспериментов с предсказаниями СМ. Однако способ объединения известных видов взаимодействий в СМ не является удовлетворительным из-за значительного различия масштабов содержащихся в ней констант связи, соответствующих трем калибровочным группам симметрии. Поэтому появляются новые теории с расширенным калибровочным сектором, допускающие существование физических эффектов, выходящих за рамки СМ. В этих теориях постулируется наличие новых типов взаимодействий, для поиска которых разрабатываются соответствующие экспериментальные методики в зависимости от радиуса взаимодействия. Если поиск тяжелых бозонов, обеспечивающих короткодействующее взаимодействие на расстояниях меньше 1 фм, ведется на адронных коллайдерах, то в экспериментах с нейтронами исследуется промежуточная область $1 \text{ пм} \div 1 \text{ нм}$. **Актуальность** темы диссертационной работы Д.Д.Шапиро, посвященной поиску проявлений новой короткодействующей силы в экспериментах по дифракционному рассеянию нейтронов. определяется тем, что такого рода исследования связаны с фундаментальными проблемами современной физики, не находящими решение в рамках существующих теорий.

33-06-468 от 14.04.2023

Диссертация Д.Д.Шапиро состоит из трех глав.

В первой главе дан обзор существующих экспериментальных методик для поиска нового типа взаимодействия в зависимости от вида потенциала и

радиуса взаимодействия. Автор систематизировал полученные в различных экспериментах ограничения на константы связи возможных спин-зависимых и спин-независимых взаимодействий с соответствующими потенциалами. Из анализа литературных данных следует, что в широкой области радиусов взаимодействия $r = 10^{-13} \div 10^{-6}$ м наиболее чувствительными являются эксперименты с нейтронами в случае взаимодействий со скаляр-скалярным и аксиально-аксиальным потенциалом. В соответствии с этим автором были предложены **новые методы** поиска межнуклонного взаимодействия указанных типов в экспериментах по нейтронной дифракции на кристаллах без центра симметрии и на поликристаллических образцах.

Теоретическое обоснование первого метода приведено во второй главе диссертации. Автор показал, что при прохождении нейтронов через нецентросимметричный кристалл добавление к ядерному и электромагнитному потенциалу аксиально-аксиального потенциала приводит к появлению дополнительного магнитного поля швингеровского типа, которое изменяет угол поворота спина нейтрона за счет швингеровского взаимодействия. Проведенное автором сравнение измеренных кристалл-дифракционным методом углов вращения спина с теоретическими оценками позволило получить **не имеющие аналогов** ограничения на константу аксиально-аксиального взаимодействия. Однако отсутствует теоретическое обоснование используемой для сравнительного анализа температурной зависимости угла поворота спина нейтрона. В качестве замечания к этой части работы следует указать на отсутствие оценки чувствительности предложенного метода.

В третьей главе подробно рассмотрен метод поиска новой межнуклонной силы в экспериментах по дифракции нейтронов на порошках. Идея метода базируется на том, что амплитуда рассеяния нейтронов за счет новой силы, характеризуемой скалярным потенциалом Юкавы, будет зависеть от переданного импульса. Это приведет к тому, что измеренная интегральная интенсивность дифракционных максимумов при наличии новой силы также

будет зависеть от переданного импульса. Следует отметить, что для доказательства **состоятельности** предложенного метода автором проведен тщательный анализ парциальных вкладов в амплитуду рассеяния, обусловленных всеми известными видами взаимодействия нейтронов с атомами, а также детальный учет всех возможных факторов, влияющих на интенсивность брэгговских пиков. Несомненной заслугой автора являются выполненные им численные оценки, позволившие доказать, что величины всех вкладов в амплитуду в случае рассеяния нейтронов на порошке кремния, а также вклады в интегральную интенсивность дифракционных максимумов всех исследованных факторов находятся на уровне $\leq 0.1\%$. Именно с таким калибровочным образцом кремния с участием диссертанта был проведен эксперимент на высокоинтенсивном порошковом дифрактометре. Полученные в эксперименте дифрактограммы были обработаны с целью извлечения интегральной интенсивности брэгговских пиков, нормированной на корректирующие факторы, которая затем сравнивалась с теоретической оценкой, включающей вклад от новой силы. И хотя измеренные относительные отклонения интенсивностей пиков от среднего значения не подчиняются ожидаемой зависимости от переданного импульса, обусловленной наличием нового взаимодействия, разброс полученных значений заметно превышает статистическую погрешность. Это позволило автору связать эти экспериментальные значения с амплитудой рассеяния за счет нового взаимодействия, и найти ограничения на константу связи, которые улучшают имеющиеся на сегодня данные.

Автор проявил изобретательность в оценке систематических ошибок и сделал вывод о том, что достижимая чувствительность предложенного им метода может быть улучшена как минимум на порядок. Однако остается непонятным, за счет каких приборных модификаций это может быть сделано.

Результаты и выводы, полученные в работе, хорошо обоснованы. **Достоверность и обоснованность** результатов подтверждается как использованием общепризнанных теоретических подходов для описания

взаимодействий нейтронов с веществом, так и численными оценками на основе опубликованных экспериментальных данных. Сделанные замечания не снижают общей **высокой оценки** работы.

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.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
профессор кафедры ядерно-физических
методов исследования физического
факультета Санкт-Петербургского
государственного университета



Кондратьев В.П.

7 апреля 2023 г

