

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Вечернина Владимира Викторовича 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.

Диссертационная работа Д.Д. Шапиро посвящена актуальной физической задаче получению максимально сильных ограничений на величину вклада в нуклон-нуклонное рассеяние от неизвестных еще типов взаимодействия на основе, как уже имеющихся, так и полученных непосредственно соискателем экспериментальных данных. В частности, диссертанту удастся улучшить существующие ограничения на произведение констант связи нового межнуклонного взаимодействия аксиально-аксиального типа, исходя из данных по дифракции нейтронов в нецентросимметричном кристалле, и скаляр-скалярного типа на основе данных по порошковой дифракции нейтронов.

Во введении дан обзор ряда экспериментальных результатов, не находящих своего объяснения в рамках, так называемой Стандартной Модели, что может служить, косвенным обоснованием возможности появления дополнительных вкладов в амплитуду нуклон-нуклонного рассеяния от неизвестных еще типов взаимодействия.

В главе 1 изложены методы поиска новых взаимодействий в зависимости от типа взаимодействия и его предполагаемого радиуса. Описаны различные экспериментальные методы получения ограничений на константу связи и радиус взаимодействия. Отмечается, что среди этих методов важную роль играют измерения с помощью нейтронов, которые участвуют во всех известных фундаментальных взаимодействиях, а также является электрически нейтральным, что делает их эффективным инструментом для поиска новых взаимодействий.

Вторая глава посвящена описанию нового, предложенного диссертантом, метода поиска неизвестного межнуклонного взаимодействия аксиально-аксиального типа. В ней получено ограничение на произведение констант связи аксиально-аксиального взаимодействия для широкой области значений радиуса взаимодействия, на основе анализа данных эксперимента по измерению вращения спина нейтрона в кристалле без центра симметрии. Сам эксперимент проводился ранее с целью измерения электрического дипольного момента нейтрона.

В третьей главе описан еще один, предложенный диссертантом, новый метод установления ограничений на возможное дополнительное взаимодействие скаляр-скалярного типа между нуклонами с помощью эксперимента по порошковой дифракции нейтронов. Предложенный эксперимент был осуществлен диссертантом на установке D20 реактора ILL (Гренобль, Франция) для дифракции нейтронов двух длин волны на порошке кремния при четырех значениях температуры 4, 6, 77 и 300 град.К. В этой же главе содержится описание эксперимента, обработка его результатов, оценка систематических погрешностей, а также оценка потенциально достижимой точности предложенного метода

установления ограничений на новое взаимодействие скаляр-скалярного типа между нуклонами.

В Заключении кратко описаны основные результаты и возможные перспективы исследования.

В целом диссертация производит очень хорошее впечатление. Она написана ясным научным языком, содержит всестороннее введение в предмет, прекрасно оформлена. Изучаемые проблемы анализируются очень глубоко и тщательно. Диссертантом получен целый ряд новых результатов мирового уровня. Особо следует упомянуть следующие достижения.

В диссертации предложен новый метод установления ограничений на новое межнуклонное взаимодействие аксиально-аксиального типа из экспериментальных данных нейтронной дифракции в нецентросимметричном кристалле. С его помощью получено ограничение на произведение констант связи аксиально-аксиального взаимодействия, которое не имеет аналогов в диапазоне радиусов взаимодействия $0,01\text{Å} - 1\text{мкм}$. Также предложен новый метод установления ограничений на допустимое дополнительное взаимодействие скаляр-скалярного типа между нуклонами с помощью эксперимента по порошковой дифракции нейтронов. Проведен соответствующий эксперимент, обработаны результаты измерений, и проведена оценка систематических погрешностей. В результате получено ограничение на скаляр-скалярное взаимодействие, которое улучшает уже существующие ограничения в диапазоне радиусов $100\text{фм} - 0,1\text{Å}$.

Все же, при изучении диссертационной работы возникает ряд вопросов. Так в главе 3 при анализе вкладов в амплитуду рассеяния для скаляр-скалярного взаимодействия нуклонов на стр.35 делается утверждение (со ссылкой на статью [107] из списка литературы), что "Амплитуда рассеяния, обусловленная сильным взаимодействием, не зависит от переданного импульса q ". В статье [107] этот факт обосновывается использованием точечного дельтаобразного псевдопотенциала Ферми для описания взаимодействия нейтрона с ядром (см. формулу (2.6) в статье [107]). Учитывая тот факт, что согласно Таблице 1 диссертации этот вклад является одним из главных (вклад I класса), не следует ли учесть при его оценке еще и поправки, возникающие из-за неточности ядра, т.е. его конечных размеров? В этом случае возникнет сильный форм-фактор ядра, что приведет к появлению зависимости амплитуда рассеяния, обусловленной сильным взаимодействием, от переданного импульса q . Этот вопрос кажется уместным еще и потому, что оценки для скаляр-скалярного взаимодействия в диссертации делаются вплоть до очень малых радиусов взаимодействия - 100 фм . Это уже сравнимо с размерами ядра - 10 фм . Можно ли в этом случае считать ядро точечным?

Второй вопрос. На странице 43 используются экспериментальные данные [117] для длины когерентного ядерного рассеяния, но ничего не говорится про некогерентный вклад сильного взаимодействия в длину рассеяния, который как следует из таблиц 7 и 8 в работе [107] имеет сравнимый порядок величины.

Данные замечания никоим образом не умаляют достоинств диссертационной работы, которая представляет собой цельное законченное научное исследование,

содержащее новые результаты, которые имеют важное значение для развития физики элементарных частиц.

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, ст.науч.сотр.,
профессор, Санкт-Петербургский
государственный университет

Вечернин

Вечернин В.В.

10.04.2023