

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета **Кима Виктора Тимофеевича** 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.

В настоящее время в современной фундаментальной физике наиболее успешной теорией является Стандартная модель (СМ) элементарных частиц и их взаимодействий. На сегодняшний день не обнаружено ни одного заметного подтвержденного расхождения от предсказаний СМ в пределах точности проведенных экспериментов. Имеющиеся в настоящее время прямые указания на отклонение предсказаний СМ от экспериментальных измерений, например, аномального магнитного момента мюона и массы  $W$ -бозона или косвенные (непрямые), например, наличие Темной материи и Темной энергии Вселенной, требуют независимого или прямого подтверждения. С другой стороны, многочисленность параметров СМ и не включение в ее рамки гравитации свидетельствует о том, что она не является окончательной фундаментальной теорией.

Поэтому поиски Новой физики за пределами СМ является в настоящее самой **актуальной** задачей современной фундаментальной физики. Основные надежды на прямое обнаружение Новой физики за пределами СМ сейчас связаны с Большим адронным коллайдером, а также с планируемыми будущими ускорителями на более высоких энергиях или больших светимостях, а также неускорительные поиски новых частиц. Другой подход связан с поисками непрямых проявлений Новой физики и нацелен на прецизионные измерения свойств известных частиц или взаимодействий СМ.

Таким образом, тематика представленной диссертационной работы Шапиро Дмитрия Дмитриевича, где основной **целью** являлся экспериментальный поиск проявлений Новой физики за пределами СМ в межнуклонных взаимодействиях скаляр-скалярного и аксиально-аксиального типов при прецизионном изучении нейтронного рассеяния, является весьма **актуальной**.

Для достижения поставленной **цели** автором решались следующие **задачи**.

1. Получение ограничений на новые межнуклонные взаимодействия для скаляр-скалярного типа (юкавские константы):
  - разработка методики порошковой дифракции нейтронов
  - проведение измерений и обработка полученных данных
  - оценка систематической погрешности эксперимента
  - получение ограничений на константу связи скаляр-скалярного взаимодействия
  - оценить потенциально достижимую чувствительность метода

2. Получение ограничений на новые межнуклонные взаимодействия для аксиально-аксиального типа:



- разработка методики прохождения нейтрона в кристаллах без центра симметрии
- обработка имеющихся данных
- оценка систематических погрешностей измерений
- Диссертация написана в сжатом, но довольно ясном стиле. Небольшим недостатком диссертации можно считать некоторую небрежность изложения и оформления. получение ограничений на константу связи аксиально-аксиального взаимодействия

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и перечня цитируемой литературы, содержащего 124 ссылки. В диссертации содержится 21 рисунок и 6 таблиц. Общий объем диссертации составляет 73 страницы на русском языке (69 страниц на английском).

**Введение** содержит краткую характеристику темы исследования и обоснование ее актуальности, формулировку цели и направлений работы, обсуждение новизны работы, методов исследований и апробацию работы. **В первой главе** дается обзор методов поиска новых взаимодействий за пределами СМ. **Вторая глава** посвящена методу получения ограничений на новое межнуклонное взаимодействие аксиально-аксиального типа из экспериментальных данных нейтронной дифракции в нецентросимметричном кристалле и представлены полученные результаты. **В третьей главе** приведены описание разработанного метода установления ограничений на новое взаимодействие скаляр-скалярного типа с помощью порошковой дифракции нейтронов, соответствующего проведенного эксперимента, обработка его результатов, а также оценка систематической погрешности и потенциально достижимой точности данного метода. **В Заключении** приведены основные результаты диссертационной работы и обсуждаются направления возможных дальнейших исследований.

**Основные положения** диссертации, выносимые на защиту:

1. предложен новый метод поиска межнуклонного взаимодействия скаляр-скалярного типа;
2. проведен анализ систематической погрешности и потенциально достижимой точности данного метода;
3. получены новые ограничения из экспериментальных данных порошковой дифракции нейтронов, которые улучшают уже существующие в диапазоне радиусов взаимодействия  $\lambda = 10^{-13} \div 10^{-11}$  м;
4. предложен новый метод поиска межнуклонного взаимодействия аксиально-аксиального типа;
5. получены новые ограничения из существующих экспериментальных данных по нейтронной дифракции в нецентросимметричном кристалле, которые улучшают уже существующие в диапазоне радиусов взаимодействия  $\lambda = 10^{-12} \div 10^{-6}$  м.

Диссертация Д.Д. Шапиро является законченным научным трудом и выполнена на высоком научном уровне. Полученные автором результаты являются заметным шагом в направлении поисков не прямых указаний на проявления Новой физики за пределами СМ в межнуклонных взаимодействиях. В сложной экспериментальной ситуации, где требовался тщательный анализ многочисленных факторов, автор продемонстрировал



глубокое понимание широкого круга экспериментальных проблем. Результаты, полученные в диссертации, являются **новыми** и оригинальными, с достаточной полнотой опубликованы в реферируемых научных журналах, неоднократно **апробировались** на международных и российских совещаниях и конференциях. **Вклад автора** является определяющим в результатах работ, составляющих основу диссертации. Содержание диссертации соответствует опубликованным работам.

Диссертация написана в сжатом, но довольно ясном стиле, и довольно тщательно оформлена. Тем не менее, все же присутствуют некоторые недостатки. В частности, на стр. 18 англицизм «комплементарный» вполне можно заменить на «дополнительный» или «дополняющий», не помешала бы запятая на стр. 8 после слова «например» и т. п. Также, в Введении не совсем точно описана проблема зарядового радиуса протона, где одним из обсуждаемых элементов проблемы была корреляция между отклонениями в его измерении в экспериментах с электронами и с мюонами. То есть, имелась значимая разница между «электронным» и «мюонным» радиусами протона, как в экспериментах по рассеянию, так и в спектроскопических измерениях. Можно также отметить слишком краткое и фрагментарное описание получения некоторых оценок систематических неопределенностей. Как правило, в случаях, когда делается оценка погрешностей, то важна уже точность такой оценки. Но, в данном контексте, эти вопросы, скорее всего, относятся уже к дальнейшим исследованиям данного направления. Конечно, все эти упомянутые недостатки не меняют общей положительной оценки диссертации.

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  
д.ф.-м.н., заместитель руководителя  
Отделения физики высоких энергий  
Петербургский институт ядерной физики  
им. Б.П. Константинова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»



Ким Виктор Тимофеевич

10.04.2023

Подпись В.Т. Кима заверяю

Ученый Секретарь

НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ



С. И. Воробьев