

Отзыв научного руководителя

**на диссертацию Стрижака Александра Олеговича
«Измерение комптоновского рассеяния запутанных и
декогерентных аннигиляционных фотонов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.2 –
Приборы и методы экспериментальной физики.**

Запутанность квантовых систем является уникальной особенностью микромира, следующей из общего принципа суперпозиции квантовых состояний. Экспериментальное изучение запутанности началось в 50-х годах прошлого века с исследования квантовых корреляций в системе аннигиляционных фотонов, рождаемых при аннигиляции позитрон-электронной пары. Целая серия экспериментов, выполненная с комптоновским рассеянием аннигиляционных фотонов, подтвердила их квантовую запутанность и дала старт дальнейшим исследованиям с оптическими фотонами. Экспериментально наблюдаемые сильные угловые корреляции в рассеянии пар аннигиляционных фотонов стимулировали разработку так называемых квантово-запутанных позитрон-эмиссионных томографов, где предлагается использование этих корреляций для подавления фона от паразитного рассеяния в исследуемых объектах. При этом предполагалось, что такой декогерентный фон уже не является квантово-запутанным и, следовательно, не имеет корреляций. Как это ни удивительно, но данное предположение не было проверено экспериментально, а исследование комптоновского рассеяния декогерентных аннигиляционных фотонов не было выполнено вплоть до последнего времени. Между тем, в последние годы появилось несколько противоречивых теоретических работ по описанию свойств декогерентных фотонов. В одних работах предсказывалось отсутствие корреляций, а в других – полная идентичность угловых корреляций для максимально запутанных и декогерентных фотонов. Таким образом, назрела насущная необходимость выполнить экспериментальное сравнение комптоновского рассеяния аннигиляционных фотонов в различных квантовых состояниях.

Диссертация Стрижака Александра Олеговича «Измерение комптоновского рассеяния запутанных и декогерентных аннигиляционных фотонов» выполнена в Отделе экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН). Работа посвящена поляризационным измерениям аннигиляционных фотонов с помощью экспериментальной

установки, включающей в себя две системы комптоновских поляриметров. Выполненные автором исследования отражают весь спектр задач, стоящих перед практически любым экспериментом, начиная от создания установки и кончая получением физических результатов. Автор диссертации активно участвовал в создании экспериментальной установки ИЗАФ (Исследование Запутанных Аннигиляционных Фотонов). Он принимал участие в тестировании отдельных детекторов установки, создании системы съема и записи экспериментальных данных. После запуска установки в работу и получения первых экспериментальных данных Стрижак А.О. отвечал за энергетическую и временную калибровку детекторов и за физический анализ набранных данных. Таким образом, автор диссертации за время обучения в аспирантуре успешно пошел через все этапы, характеризующие полноценного физика-экспериментатора.

В диссертации Стрижака А.О. подробно рассмотрены все элементы экспериментальной установки, описаны разработанные автором методы считывания и обработки экспериментальных данных. Ключевым элементом представленной экспериментальной установки является промежуточный рассеиватель, в котором происходит процесс дополнительного комптоновского рассеяния, переводящий изначально максимально запутанную систему фотонов в декогерентное состояние. Подробно описан подход, позволивший проводить на установке низкороговую регистрацию взаимодействий в промежуточном рассеивателе. Поскольку набор экспериментальных данных проводился в течение нескольких месяцев при нестабильной температуре окружающей среды, необходимо было разработать процедуру интервальной энергетической калибровки сцинтилляционных детекторов установки, позволяющей с точностью лучше 1% учесть температурный дрейф параметров детекторов. В последней главе диссертации представлены результаты физического анализа поляризационных измерений. Автором представлены два метода исследования запутанных систем, основанные на азимутальных угловых корреляциях и на корреляционной функции в неравенстве Белла. Согласно обоим методам, поляризационные корреляции фотонов в максимально запутанном и декогерентном состояниях совпадают в пределах полученной статистической точности. Полученные результаты чрезвычайно важны для дальнейшей разработки позитрон-эмиссионных томографов нового поколения.

Диссертация Стрижака Александра Олеговича «Измерение комптоновского рассеяния запутанных и декогерентных аннигиляционных фотонов» является завершенным научным трудом, в котором представлены новые экспериментальные методы измерения поляризационных корреляций, обработки аналоговых сигналов, энергетических

калибровок детекторов. Разработанные автором программные пакеты используются для съема и записи сигналов на установке ИЗАФ, физического анализа экспериментальных данных. Полученные автором результаты опубликованы в ведущих научных журналах.

Считаю, что представленная к защите диссертация Стрижака А.О. удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики, а ее автор безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

15 января 2024 года

Научный руководитель

к.ф.-м.н.,

с.н.с. ИЯИ РАН.

Ивашкин А.П.

Подпись А.П. Ивашкина удостоверяю

Заместитель директора ИЯИ РАН,

к.ф.-м.н.

Панин А. Г.