

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Фоменко Кирилла Александровича «Поиск аксионов, рождаемых в реакции $p(d, {}^3\text{He})A$ на Солнце, и запрещенных принципом Паули переходов в ядрах ${}^{12}\text{C}$ на детекторе Борексино», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Проблема экспериментального обнаружения аксиона – легкой псевдоскалярной частицы, введенной в теорию для объяснения CP-проблемы в сильных взаимодействиях, продолжает оставаться актуальной. Из-за малой константы связи с веществом и, следовательно, малого числа ожидаемых событий детектирование аксиона представляет собой сложную задачу. Принцип запрета Паули (ПП), являясь одним из фундаментальных оснований современной квантовой теории, до настоящего времени имеет постулативную форму и потому нуждается в экспериментальной проверке. Диссертационная работа К.А. Фоменко посвящена поиску аксиона, излучаемого в ядерных магнитных переходах на Солнце, а также нарушения ПП в переходах различных типов в ядрах ${}^{12}\text{C}$, используя данные, полученные на установке Борексино.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Во введении проиллюстрирована актуальность работы, сформулированы цели исследования и изложена структура диссертации.

В первой главе приведен обзор основных свойств аксиона, представлены результаты некоторых первоначальных и современных экспериментов по поиску аксиона. Обсуждаются ограничения на параметры аксионных моделей, полученные на основе астрофизических данных и данных по поиску солнечных аксионов.

В главе второй представлены результаты предшествующих исследований, базирующихся на двух основных подходах для экспериментальной проверки ПП: поиске атомов и ядер, уже находящихся в непаулевских состояниях и поиске излучения, сопровождающего непаулевские переходы в атомах и ядрах.

Третья глава посвящена экспериментальной установке. Приводится описание детектора Борексино, уникальных фоновых условий, достигнутых в эксперименте. Подробно изложена методика регистрации событий: приведены частотные и временные спектры излучения сцинтиллятора и отклики детектора для событий в разных энергетических областях, результаты калибровки пространственного разрешения и энергетической шкалы детектора с помощью радиоактивных источников, эффективности идентификации частиц по форме временного импульса.

В главе четвертой представлен анализ данных по поиску аксионов, рождающихся в реакции $p(d, {}^3\text{He})A$ на Солнце. Приводятся результаты вычислений ожидаемого потока солнечных аксионов, исходя из условий рождения и поглощения аксионов на Солнце. Приведены результаты моделирования методом Монте-Карло функций отклика детектора для процессов комптоновской конверсии, аксиоэлектрического эффекта, конверсии аксиона в фотон в поле ядра и распада на 2 γ -кванта. Описываются процедуры анализа данных для получения ограничений на величины потока аксионов от Солнца и констант связи, проводится сравнение результатов с данными других экспериментов.

Глава пятая посвящена методике и результатам экспериментального поиска запрещенных ПП переходов в ядрах ${}^{12}\text{C}$. Вычисляются энергии реакций для «непаулевских» состояний с тремя протонами или тремя нейтронами на S-оболочке ядра ${}^{12}\text{C}$. Приводятся результаты моделирования функций отклика детектора,

методики отбора данных и идентификации событий. Получены пределы на вероятности запрещенных переходов с испусканием γ -кванта, протона и нейтрона, а также пределы на вероятности «непаулевских» β^\pm -переходов, на их основании вычислены ограничения на относительные интенсивности «непаулевских» переходов по отношению к «нормальным» для различных каналов. Полученные ограничения сравниваются с результатами других экспериментов.

В заключении представлены основные результаты диссертации.

В целом, диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и заслуживает положительной оценки. Кратко, содержание работы можно характеризовать следующим образом.

Впервые предложен и проведен анализ данных сверхнизкофонового детектора Борексина с целью поиска солнечных аксионов и нарушения принципа Паули. В результате анализа:

– получены новые модельно-независимые комплексные ограничения на константы связи аксиона с электроном g_{Ae} , фотоном $g_{A\gamma}$ и нуклонами g_{AN} ($|g_{Ae} \times g_{3AN}|$ и $|g_{A\gamma} \times g_{3AN}|$) для массы аксиона $m_A < 1$ МэВ и новые ограничения на константы связи g_{Ae} и $g_{A\gamma}$ как функций массы аксиона в модели адронного аксиона;

– получены новые, наиболее строгие на настоящий момент, пределы на вероятности «непаулевских» переходов нуклонов с $1P_{3/2}$ -оболочки на $1S_{1/2}$ -оболочку в ядрах ^{12}C с испусканием γ , n , p и β^\pm -частиц, установлены наиболее строгие на настоящий момент верхние ограничения на относительные интенсивности «непаулевских» и «нормальных» переходов для электромагнитного, сильного и слабого каналов взаимодействия.

Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных реферируемых журналах и докладывались на нескольких международных и отечественных конференциях.

Разработанные методы поиска статистически слабо проявившихся пиков могут быть использованы в прикладных исследованиях, в частности, связанных с измерениями малой радиоактивности.

В целом диссертация изложена ясным языком, приведенные данные достаточны для обоснования научных положений и выводов, сформулированных в заключении. К недостаткам можно отнести то, что в ряде предложений, например, на стр. 77, стр.80 и др. используются слишком громоздкие, затрудняющие понимание конструкции. Было бы лучше в этих случаях их разбить на 2 или 3 предложения. По сути работы, видно, что, хотя эксперимент Борексина проводился силами достаточно большого международного сотрудничества, индивидуальный вклад автора не растворился в общей массе, а был существенен для получения сформулированных в диссертации результатов.

Диссертация К.А. Фоменко является законченным научным исследованием, в котором получены новые фундаментальные результаты по ограничениям на величины эффективных констант взаимодействия аксионов и возможной примеси нефермионной статистики в ядерных переходах электромагнитного, сильного и слабого типов. Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Кирилл Александрович Фоменко, заслуживает присуждения этой степени.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Кандидат физико-математических наук, с.н.с.

А.В. Копылов

Ученый секретарь

А.Д. Селидовкин



А.В. Копылова А.В.
Удостоверено! нач. Отдела кадров
М.В. Федосимов
20.05.2014г.