

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации
Лучука Станислава Владимировича «Квазиупругое взаимодействие мюонных нейтрино заряженным током в экспериментах MiniBooNE и NOvA»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий

В нейтринных осцилляционных экспериментах используются пучки нейтрино с большими мощностями порядка сотен киловатт и энергиями нейтрино в диапазоне от 0.3 до 3 ГэВ. При этих энергиях основной вклад в сечение рассеяния нейтрино на ядрах заряженным током дают квазиупруго подобные процессы, т. е. квазиупругое взаимодействие с учетом вкладов двух-частичных токов обменных мезонов в ядрах, а также процессы с рождением барионных резонансов. В экспериментах с энергиями нейтрино меньше 1 ГэВ доминируют квазиупруго подобные процессы, что позволяет использовать кинематический метод восстановления энергии нейтрино.

Диссертационная работа Лучука Станислава Владимировича «Квазиупругое взаимодействие мюонных нейтрино заряженным током в экспериментах MiniBooNE и NOvA» посвящена изучению квазиупругого взаимодействия заряженным током мюонных нейтрино с ядрами. Актуальность данной темы не вызывает сомнений, поскольку неопределенности в потоках и спектрах нейтрино, в сечениях их взаимодействия, а также в восстановленных энергиях нейтрино являются основными источниками систематических ошибок при определении значений параметров осцилляций.

Целью работы С.В. Лучука было изучение квазиупруго подобных взаимодействий нейтрино заряженным током с ядрами углерода и аргона (ядро близкое по строению с ядром хлора). Для расчета сечений этих процессов использовалась объединенная релятивистская модель искаженных волн в импульсном приближении с учетом вкладов двух-частичных токов обменных мезонов. В модели искаженных волн рассматривается структура ядра, в которой большая часть нуклонов расположена на оболочках, а остальные нуклоны находятся в коррелированных нуклон-нуклонных состояниях и образуют нуклон-нуклонные пары. В рамках этого подхода учитывается взаимодействие выбитых нуклонов с остаточным ядром. Взаимодействие с обменными мезонами описывается в приближении фермиевского газа нуклонов.

В диссертации проведено детальное сравнение инклюзивных дифференциальных сечений рассеяния электронов на ядрах углерода, кальция и аргона с экспериментальными данными. Эти ядра часто используются в качестве мишени в нейтринных экспериментах. Показано, что объединенная модель хорошо описывает данные о рассеянии электронов в пределах экспериментальных ошибок. В результате анализа была получена консервативная оценка точности расчетов вкладов токов обменных мезонов. В работе С.В. Лучука подробно анализируется влияние больших аксиальных масс нуклона порядка 1.4 ГэВ и вкладов рассеяния на обменных мезонах на дифференциальные инклюзивные сечения нейтрино. Показано, что наибольшее различие между результатами этих двух подходов наблюдается в распределении по инвариантной массе вторичных частиц.

Из данных эксперимента MiniBooNE С.В. Лучуком была восстановлена зависимость аксиального форм фактора нуклона от квадрата переданного четырех-импульса. Этот результат, а также двойные дифференциальные сечения, измеренные в этом эксперименте, использовались для определения аксиальной массы нуклона. Получено значение аксиальной массы порядка 1.2 ГэВ, которое хорошо согласуется с современными теоретическими и экспериментальными оценками этого параметра. В рамках объединенной модели Лучуком С.В. были вычислены интегрированные по потоку нейтрино дифференциальные сечения квазиупруго рассеяния нейтрино заряженным током в ближнем детекторе эксперимента NOvA. Учитывалось и рассеяние двух-частичными токами на обменных мезонах. Материалы ближнего детектора содержат, в основном, ядра водорода, углерода и хлора. Это потребовало проведения сложных расчетов для определения усредненного сечения рассеяния нейтрино на нейтронах в жидком сцинтилляторе и материалах детектора.

С.В. Лучук принимал активное участие в работе группы коллаборации NOvA по восстановлению сечений взаимодействия нейтрино. В частности, им был осуществлен отбор событий кандидатов в квазиупруго подобные взаимодействия с использованием методов машинного обучения, а именно набора инструментов для многомерного анализа (TMVA), интегрированного в среду ROOT для обработки, параллельной оценки и применения многомерной классификации. В результате были определены эффективность, чистота отбора этих событий и получены предварительные результаты по сечениям этих процессов.

Станислав Лучук пришел в ИЯИ РАН в 2012 году студентом 4-го курса МФТИ и участвовал на различных этапах создания ближнего детектора эксперимента NOvA. Он проявил себя как способный исследователь в области физики элементарных частиц и сформировался

как самостоятельный научный сотрудник. Все результаты, получены лично С.В. Лучуком, или при его непосредственном участии.

Считаю, что диссертация Лучука Станислава Владимировича «Квазиупругое взаимодействие мюонных нейтрино заряженным током в экспериментах MiniBooNE и NOvA» является законченным научным трудом, в которой представлены значимые результаты на уровне мировых исследований сечений взаимодействия нейтрино в ускорительных экспериментах. Работа удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий.

18 мая 2023 года

Научный руководитель
Ведущий научный сотрудник,
доктор физ.-мат. наук

А.В. Буткевич

Подпись А.В. Буткевича удостоверяю
Заместитель директора ИЯИ
доктор физ.-мат. наук

Г.И. Рубцов