

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Селюгина Олега Викторовича
на диссертацию Рютина Романа Анатольевича

“Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения,
диссоциации и перезарядки в Редже-эйкональном подходе”,
представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Актуальность работы

Диссертационная работа Рютина Романа Анатольевича посвящена исследованию дифракционных процессов при рассеянии адронов высоких энергий. Отметим, что большинство имеющихся строгих законов и ограничений на поведение амплитуды рассеяния получено в пределе сверхвысоких энергий взаимодействия. Квантовая хромодинамика (КХД), то есть квантовая теория поля, описывающая взаимодействие цветных кварков и глюонов, успешно описывает широкий спектр неупругих процессов в области малых расстояний, что соответствует большим передач импульса, то есть области асимптотической свободы КХД. Неприменимость теории возмущений для области малых импульсов, которую по аналогии с электродинамикой называют инфракрасной, связана с нелинейным взаимодействием безмассовых глюонов. Нелинейные уравнения, описывающие такое взаимодействие, приводят к различным схемам так называемой унитаризации амплитуды рассеяния в представлении прицельного параметра. В основном дифракционные процессы связаны со взаимодействием частиц на больших расстояниях. Это обуславливает их **значимость**, так как в рамках релятивистской теории поля главные положения и многие асимптотические теоремы в большой степени связаны с областью малых передач импульса и, соответственно, в основном с областью больших расстояний. Именно для этой области был получен ряд строгих теорем и ограничений для амплитуды адронного рассеяния. Центральное место среди них занимает, введенное в работах Н.Н. Боголюбова по теории дисперсионных соотношений, представление об амплитуде рассеяния как единой аналитической функции кинематических переменных, связывающей физические процессы в разных каналах. Это представление стало базисом многих развиваемых в настоящее время теоретических и феноменологических подходов к описанию сильных взаимодействий при высоких энергиях. Существенно важным свойством амплитуды рассеяния является ее кроссинг-симметрия. На основе исследования аналитических свойств амплитуды рассеяния была разработана теория Редже взаимодействия адронов. Для теоретических исследований важно понять эффекты, связанные с дифракцией, как уже обнаруженные, к примеру, такие как рост полных сечений, отношения упругих сечений к полным, эффекты перераспределения, отличия картины адронной дифракции от классической, так и предполагаемые, такие как универсальность асимптотического поведения адронных сечений, предположения о структуре объектов взаимодействия. В диссертации рассмотрены основные проблемы дифракционной физики и приведены ссылки на результаты ведущих исследователей.

В представленной работе рассмотрен общий подход к описанию процессов эксклюзивного центрального рождения. Развита методология, которую можно применять к основным современным моделям и делать расчеты сечений. В частности, это продемонстрировано для ряда моделей опирающихся на Редже-эйкональный подход. Также предложен метод практического получения сечений, который позволил получить значения адронных сечений пион-протонного рассеяния в ранее неисследованной области энергий.

Результаты работы несомненно являются актуальными как для более глубокого понимания теоретических моделей, так и для постановки новых экспериментов.

Научная новизна

Используя разработанный метод непрямого извлечения сечений из процессов перезарядки, автор диссертации впервые получил сечения пион-протонного рассеяния при энергиях в несколько ТэВ. Прямыми методами такие сечения в настоящее время получить невозможно. Этот результат **новый** и был опубликован в научном журнале впервые. Дополнительно проведена детальная разработка эксперимента по получению сечений пионов при более высоких энергиях, который планируется осуществить на БАК, главный вклад в которую внес автор.

Похожий метод использован для оценки протон-померонных сечений из данных по процессам диссоциации. После строгих математических расчетов на основе базовых принципов квантовой теории поля продемонстрированы ключевые свойства этих функций, которые могут быть использованы для дальнейших исследований.

На основе новых методик было разработано три компьютерных программы для моделирования дифракционных процессов в условиях реальных экспериментов и выполнена основная часть процесса моделирования для эксперимента CMS.

Значимость полученных автором результатов и рекомендации по использованию

Результаты, полученные в диссертации, действительно **практичны**. Они **востребованы** в научном сообществе, **используются** при планировании экспериментов и разработках дифракционных моделей.

Используя общий подход к описанию эксклюзивного центрального рождения и рождения векторных мезонов, можно на основе имеющихся моделей проводить расчеты сечений в разных кинематических условиях. Общая методология дала возможность выявить свойства процессов, которые не относятся к конкретной модели. Цель исследований - максимально отделить модельные предположения от получаемых экспериментальных результатов, что является в физике высоких энергий одной из самых сложных задач. Также всегда в первом ряду стоит вопрос, касающийся получения адронных сечений в новой области энергий, что и было сделано автором диссертации. Конкретно получены **важные** пион-протонные сечения, которые предложено внести в Particle Data Group.

Использовать представленные результаты рекомендуется как для постановки новых экспериментов на БАК, так и для проверки теоретических моделей, не только дифракционных, но и выходящих за рамки Стандартной модели. Одним из **достоинств** диссертации является четкость представленных теоретических расчетов, начиная от базовых положений и до конечного результата.

Апробация результатов

Результаты исследований, вошедших в диссертацию, неоднократно обсуждались на рабочих совещаниях коллабораций ЦЕРНа, а также на специализированных семинарах по физике высоких энергий в отечественных и зарубежных научных центрах: НИЦ Курчатовский Институт - ИФВЭ (Протвино, Россия), НИИЯФ МГУ (Москва, Россия), IN2P3 (Анси, Франция), INPN (Турин, Италия), INP (Краков, Польша). Помимо этого, они представлялись на международных конференциях: HEPFT2005 (Protvino, RF),

DIFFRACTION2010 (Otranto, Italy), Various Faces of QCD 2018 (Krakow, Poland). Также было проведено 2 семинара по теме диссертации, в ИФВЭ и в НИИЯФ МГУ (Москва).

Вклад автора в получение результатов

Автор диссертации был главным разработчиком общего подхода к описанию процессов эксклюзивного дифракционного центрального рождения, методик извлечения адрон-адронных и реджеон-адронных сечений из процессов перезарядки и дифракционной диссоциации. Эта работа проводится больше 10 лет совместно с коллегами из Курчатовского Института, НИИЯФ и физического факультета МГУ (Москва), ОИЯИ (Дубна), CNRS (Анси, Франция), CERN (Женева, Швейцария), Fermilab (Батавия, США), JLAB (Ньюпорт-Ньюс, США), INFN (Турин, Италия). Автор принимал самое активное участие в нескольких совместных международных проектах по разработке дифракционных экспериментов на БАК.

Автор является активным членом коллаборации CMS и эксперимента ST-PPS, делает доклады на совместных заседаниях групп "LHC Forward Physics", является по сути главным разработчиком трёх программных продуктов для численного моделирования дифракционных процессов в коллаборации CMS-TOTEM.

Вклад автора в получение защищаемых им результатов является определяющим.

Достоверность полученных результатов подтверждена экспертами в рамках коллаборации CMS, данными HERA, CDF, WA102, LHCb, и других коллабораций, представленных в работе, докладывались на конференциях и опубликованы ведущими научными изданиями, где прошли многоступенчатую проверку.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, девяти приложений, а также списка принятых сокращений и обозначений. Диссертация содержит 229 страниц, в том числе 116 рисунков и 18 таблиц. Список литературы содержит 280 ссылок. В первой главе даются ключевые моменты по работе с дифракционными процессами. Вторая глава посвящена конкретным эксклюзивным процессам рождения векторных мезонов и центрального рождения. В третьей главе рассмотрен метод извлечения пион-протонных сечений из процессов перезарядки. В четвертой главе обсуждаются процессы диссоциации и Померон-протонные сечения. В пятой главе приводится описание программных продуктов для численного моделирования. В заключении приводятся основные достижения автора.

Степень обоснованности положений диссертации

В диссертации представлены подходы, основанные на базовых теоретических положениях квантовой теории поля, которые многократно были проверены в экспериментах. В третьей главе, где производится экстраполяция для извлечения пион-протонных сечений, используются свойства гладкости экстраполируемой функции и также учет унитарных поправок. В четвертой главе используется метод так называемой ковариантной реджезации, который основан на базовом предположении о сохраняющихся токах, что приводит к выражениям для сечений, соответствующим стандартной теории Редже. Однако в сечениях возникает специфический "фактор зануления" при малых передачах импульса. При учете унитарных поправок удается хорошо описать сечения процессов. Все базовые положения диссертации являются научно обоснованными.

Оценка содержания диссертации

Достижением диссертации Р.А. Рютина является получение новых результатов об инвариантных дифференциальных сечениях рассеяния пионов на протонах в области энергий 2-4 ТэВ, которые не доступны для прямых измерений с пучками пионов.

Общий метод расчета амплитуд процессов эксклюзивного центрального рождения и рождения векторных мезонов применим в широкой кинематической области.

Детально рассмотренный тензорный подход ковариантной реджезации помог выявить ключевые моменты в описании процессов диссоциации и реджеон-адронных сечений.

Обзор новых экспериментальных возможностей с детальными расчетами для детекторов CMS может служить основой для научного предложения в коллаборации ЦЕРНа. Статус одного из основных исполнителей дифракционных проектов ИФВЭ в коллаборации с ЦЕРНом демонстрирует не просто внесение вклада, а высокий уровень ответственности Р.А. Рютина за полученные результаты.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой диссертации.

Замечания по работе

1. Введение диссертации написано рыхло и недостаточно обосновано. Не отмечен вклад в исследования дифракционных процессов предыдущих авторов, таких, как например, В.А. Царев. В то же время основной корпус диссертация написан в телеграфном стиле. Так название параграфов главы 1 повторяются трижды. Постоянно используются слова – амплитуда и вклад без сопроводительных пояснений. Вместо «дифференциальные сечения» используется – «дифракционная картина». Отдельные фразы полностью непонятны: стр. 118 – «Последний связан через векторную доминантность мезонов с мезонной структурой, которая плохо известна и, следовательно, часто заменяется структурой пиона». Что означает «точные измерения» (стр.129). Явно недостаточно количество ссылок на работы откуда берутся те или иные уравнения. Особенно необходимо отметить, что ссылки на работы автора в основном даны в общей массе во введении, а в основном корпусе упоминаются только пять работ, да и то одна только в примечании.
2. В уравнении (2.12) исчезает одна из переменных, а объяснение этому можно найти только через две страницы.
3. Рисунки с диаграммами пересыщены информацией и в основном повторяют друг друга. На рисунке 2.8 отсутствуют заявленные данные; рисунки 3.17а и 3.24 тождественны – различаются только размером; рисунки 3.25 фактически одинаковы, незначительные изменения находятся в пределах возможных ошибок.
4. Значительная часть вычислений автора основана на привлечении модели 3-х Померонов, из которой зачастую используется только один, так называемый жесткий Померон. Однако первые же данные БАК показали отсутствие таких вкладов в упругое адронное рассеяние. Это ставит большой вопрос об использовании такого Померона в мягких процессах с одной стороны и использование параметров полученных в 3-х Померонной модели с другой стороны. Непонятно также как используется модель Алкина-Мартынова, которая содержит громадное количество свободных параметров и широкий набор функций. Поэтому нельзя из этой модели брать отдельные куски, можно только брать эту модель целиком – что достаточно сложно.

5. В работе несколько раз употребляется термин «фальсификации моделей». В стандартном смысле это ведет к юридическим последствиям. Если же этот термин употребляется в его философском смысле (введенном К. Поппером), то он используется неправильно, так как все наши физические модели научны, а не относятся к классу хиромантии. Очевидно, подразумевается термин – верифицируемость.

Высказанные замечания относятся к содержанию рукописи и ни в коей мере не снижают собственно ценности проделанной обширной работы.

Заключение

Диссертация Р.А. Рютина отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Р.А. Рютин заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

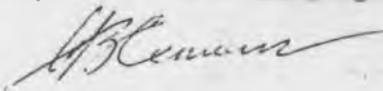
Отзыв составил:

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Лаборатории Теоретической Физики Объединенного
Института Ядерных Исследований

Тел.: (8-496-21-66481)

E-mail: selugin@theor.jinr.ru

О.В. Селюгин



Полный адрес института 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6

E-mail: bltp@theor.jinr.ru

Подпись О.В. Селюгина удостоверяю

Зам. директора Лаборатории Теоретической Физики

А. П. Исаев

