

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Дремина Игоря Михайловича
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 и ее новизна

После запуска Большого адронного коллайдера (БАК) было получено множество данных в различных областях физики высоких энергий. Кроме наиболее известных открытий, связанных с подтверждением Стандартной модели, были проведены эксперименты и в дифракционной физике, такие как измерение упругих и полных сечений, дифракционной диссоциации, процессов центрального рождения. В данный момент исследования на данную тему становятся все более актуальными в связи с обнаруженными некоторыми противоречиями между теоретическими предсказаниями и экспериментальными данными коллабораций БАК, в частности при измерениях полных сечений коллаборациями TOTEM и ATLAS, и дифференциальных упругих сечений, которые не были описаны существующими моделями.

В диссертации Р.А. Рютина рассмотрены основные дифракционные процессы и подходы к их описанию. Ключевыми моментами, которые следует отметить, являются:

- Разработка **новой** общей методологии описания эксклюзивного центрального рождения и эксклюзивного рождения векторных мезонов, и применение её к реальным расчетам сечений данных процессов. Проведена нормировка используемой Редже-эйкональной модели на данные экспериментов при низких энергиях (до 2 ТэВ на HERA и CDF), и сделано большое число предсказаний для БАК, которые уже частично подтвердились недавними измерениями.
- **Впервые** проведены оценки сечения рассеяния пионов на протонах при энергиях до 4 ТэВ. Это сделано благодаря разработанному методу косвенного извлечения этих сечений из существующих данных по перезарядке, полученных коллаборацией LHCf.
- Проведено строгое исследование структуры амплитуд и сечений процессов дифракционной диссоциации на основе общих теоретических предположений квантовой теории поля, выявлены **новые** закономерности извлеченных протон-Померонных сечений, которые можно в дальнейшем использовать для построения феноменологических моделей.
- Сделан большой объем работ по численному моделированию для экспериментов на БАК, созданы специальные компьютерные программы, которые используются коллаборациями БАК.

Значимость результатов и рекомендации по их использованию

Данная диссертация посвящена важным аспектам изучения дифракционных процессов, которые могут быть использованы в высокоточных измерениях как инструмент для получения сведений о фундаментальных свойствах адронной материи и сильных взаимодействий. В экспериментах на БАК (CMS, TOTEM, ATLAS, LHCb, ALICE) были получены сечения различных дифракционных процессов: упругое рассеяние, одиночная (ОДД) и двойная (ДДД) дифракционная диссоциация, эксклюзивное рождение векторных

мезонов(ЭРВМ), эксклюзивное двойное центральное рождение (ЭДЦР). Это послужило толчком к пересмотру некоторых основ теоретических моделей.

Например, в эксперименте LHCf недавно были получены сечения перезарядки с лидирующими нейтронами. В настоящий момент проводится анализ новейших уникальных данных из совместного эксперимента CT-PPS. В результате предполагается получить сведения о сечениях взаимодействия пионов при высоких энергиях.

Основываясь на данных прошлых экспериментов (HERA, CDF, STAR), в диссертации сделаны предсказания для процессов ЭДЦР и ЭРВМ на БАК.

Значимость результатов диссертации для развития данных проектов заключается в выполнении теоретических расчетов и детальном численном моделировании.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, а также девяти приложений, и списка принятых сокращений и обозначений. В диссертации 229 страниц, в том числе 116 рисунков и 18 таблиц. Список литературы содержит 280 ссылок по теме работы.

Степень обоснованности положений диссертации

В представленной диссертации используются теоретические подходы, неоднократно опробованные в исследованиях по физике высоких энергий, в частности, Реджевский подход, который основан на главных принципах квантовой теории поля. Многие предположения, которые использовались, подтверждаются данными экспериментов, в том числе Редже-эйкональный метод, где учитывается принцип унитарности. Учет унитарности при высоких энергиях оказывает существенное влияние на результаты вычислений. Четко показаны области применимости используемых моделей. дифракционных процессов. Корректно применяются численные методы. При расчетах используется также Стандартная модель и её расширения. Есть положения, которые проверены экспериментально, но вводятся и новые предположения, например, в моделях квантовой гравитации. Однако в диссертации расчеты в этих моделях используются лишь как дополнительные и не влияют на общую тематику. Диссертация является самосогласованной и последовательно изложенной работой.

Достоверность полученных результатов подтверждена данными экспериментов на HERA, CDF, WA102, STAR, LHCb, CMS, TOTEM, их многократными обсуждениями и многими экспертными оценками.

Вклад автора в получение результатов и их апробация

Методики, представленные в диссертации, были разработаны автором в течение многолетних исследований дифракционных процессов. Во-первых, это методология расчета данных процессов, полный алгоритм для разных кинематических ситуаций. Во-вторых, это метод извлечения адронных сечений, недоступных непосредственному измерению. В третьих, активное участие в разработке экспериментов на БАК, совместно с коллегами из других научных центров.

Автор является членом коллаборации CMS и эксперимента CT-PPS, делает доклады на их совместных заседаниях, является разработчиком трёх программных продуктов для симуляции дифракционных процессов на БАК.

Вклад автора в данные разработки является определяющим. Р.А. Рютин работает в этой области уже больше 15 лет и внес достаточно большой вклад, что отражено в количестве публикаций по данной теме. в ведущих реферируемых научных изданиях.

Результаты исследований, вошедших в диссертацию, обсуждались на рабочих совещаниях коллабораций ЦЕРНа, а также на специализированных семинарах по физике высоких

энергий в отечественных и зарубежных научных центрах. Помимо этого, они представлялись на международных конференциях. Также были проведены семинары по теме диссертации.

Оценка содержания диссертации и замечания

Важными достижениями диссертационной работы являются рассмотрение общей методологии расчета эксклюзивных дифракционных процессов, сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, а также методика извлечения неизвестных ранее адронных сечений. Например, до сих пор не было известно поведение пион-протонных сечений в ТэВ-ной области энергий. Методики получения таких сведений апробированы автором на процессах при более низких энергиях и применены к данным коллаборации LHCf. Получено три новых точки по энергиям, при 2.29, 2.95 и 3.5 ТэВ, а также точка при 70 ГэВ. До этого реальные сечения были известны до 30 ГэВ, и была одна точка при 50 ГэВ. К сожалению, неточности в извлеченных сечениях пока достаточно большие за счет ошибок в изначальных данных.

В диссертации описаны также возможные эксперименты по извлечению упругих и "жестких" сечений рассеяния пионов, с детальными расчетами для детекторов коллаборации CMS.

Ковариантный подход, использованный в работе, может применяться в любых дифракционных процессах. Здесь он применяется для эксклюзивного центрального рождения при малых массах и для процессов диссоциации. Строгие математические расчеты показывают все следствия данного подхода и использованы для нормировки и предсказаний сечений центрального рождения и извлечения реджеон-адронных сечений.

В диссертации Р.А. Рютина приводятся достоверные данные. Следует особо подчеркнуть, что наряду с теоретической интерпретацией экспериментальных данных автор активно разрабатывает конкретные компьютерные программы для получения этих данных из «сырого» материала. Проведена обоснованная нормировка моделей. Все блоки алгоритма вычислений четко определены. Выводы и предсказания научно обоснованы. Это касается всех приведенных расчетов.

Наряду с рассмотренными процессами было бы интересно изучить центральное рождение резонансов в ультрапериферических взаимодействиях за счет рассеяния света на свете. Такой процесс может оказаться не малым при больших прицельных параметрах (взаимодействие фотона с помероном требует меньших прицельных параметров).

Технические замечания к тексту диссертации связаны с появлением некоторых слов с английским шрифтом, разных обозначений в одинаковых формулах (приложения П9, П10), затянутым обсуждением экспериментальных фонов (раздел 3.5) и т.п.

Высказанные замечания относятся либо к оформлению рукописи, либо к пожеланиям для дальнейшей работы и ни в коей мере не снижают собственно ценности уже проделанной работы.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой диссертации.

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,
высококвалифицированный главный научный сотрудник
Отделения теоретической физики ФИАН
Тел.: (.916.)5228055 E-mail: dremin@lpi.ru.

05.03.2019

И.М. Дремин

Полный адрес института .
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им.П.Н.Лебедева Российской академии наук,
119333 Москва Ленинский пр. 53

Подпись .И.М. Дремина. удостоверяю
Ученый секретарь ФИАН..



А.В. Колобов