

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Рютина Романа Анатольевича

«Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже–эйкональном подходе»,

представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности **01.04.02** – теоретическая физика

Диссертация Рютина Р.А. «Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже–эйкональном подходе» посвящена теоретическому изучению отдельных типов дифракционных процессов при высоких энергиях и получению для них оценок некоторых важных физических параметров, доступных для измерений.

Актуальность темы

Исследование дифракционных процессов в адронных взаимодействиях имеет достаточно длительную историю. За это время накоплен значительный объем экспериментального материала, достигнут существенный прогресс в теоретическом описании таких процессов. Однако, несмотря на многочисленные исследования, дифракционные процессы в адронной физике являются одними из наиболее сложных с точки зрения квантовой теории поля. Это обусловлено, прежде всего, тем, что рассматриваемые процессы связаны с большими пространственно-временными масштабами и соответствуют, в основном, области «мягкой» физики, в которой не применимы пертурбативные методы квантовой хромодинамики (КХД). Детальное изучение процессов дифракционного рождения, в том числе при высоких и сверхвысоких энергиях, необходимо для развития КХД и поиска эффектов новой физики за рамками Стандартной модели (СМ). С точки зрения физического анализа данных особый интерес представляют теоретические исследования, направленные на получение новой информации для реально измеряемых параметров и распределений, приводящей к более однозначной интерпретации сравнения результатов эксперимента и теории. Все это свидетельствует об актуальности темы диссертации.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 280 наименований, и приложений.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель работы, научная новизна основных результатов и их практическая значимость, описывается личный вклад автора.

В **первой главе** содержится достаточно подробный обзор литературы по изучаемой проблематике. Обсуждаются возможные подходы к формулировке определения собственно понятия «адронная дифракция», для соответствующих процессов представлена современная классификация и ключевые отличительные признаки. Основное внимание уделено процессам эксклюзивного дифракционного центрального образования, перезарядки и дифракционной диссоциации, которые изучаются в диссертационной работе и для которых подробно описаны важнейшие свойства, представления амплитуд и сечений.

Вторая глава посвящена эксклюзивным дифракционным процессам центрального образования конечных состояний. Представлена разработанная в диссертации общая схема теоретического описания указанных процессов, на основе которой получены оценки сечений центрального образования различных конечных состояний в эксклюзивных дифракционных процессах. Использование в рамках предложенной схемы Редже-эйконоального подхода и нерелятивистской КХД позволило достичь разумного согласия теоретических оценок с результатами экспериментов CDF (Тэватрон) и LHCb (Большой адронный коллайдер – БАК) для различных центральных систем и частиц с большими инвариантными массами. Обсуждается возможное влияние непертурбативных эффектов, приводящее к заметному различию между теоретическими результатами и экспериментальными данными в случае промежуточных и малых инвариантных масс. Для энергий БАК получены предсказания для центрального образования бозона Хиггса и некоторых состояний за рамками СМ.

В **третьей** главе описана методология получения косвенных оценок для пион-протонных и пион-пионных сечений на основе доступных экспериментальных данных для процессов одиночной и двойной перезарядки. Для получения

указанных оценок в диссертационной работе предложено усовершенствование и обобщение метода Чу–Лоу. Представлен детальный анализ вклада фоновых процессов с реджеонными обменами для различных диапазонов по энергии столкновений в системе центра масс (\sqrt{s}). Результаты, полученные с помощью разработанной методологии для сечения пион-протонного рассеяния при $\sqrt{s} \leq 70$ ГэВ и учитывающие реджеонные поправки, разумно согласуются с измерениями в реальных экспериментах. На основе используемого в диссертации метода и данных эксперимента LHCf (БАК) оценено полное сечение пион-протонного рассеяния при трех значениях \sqrt{s} для ТэВ-ной области.

Четвертая глава посвящена теоретическому изучению поведения померон-протонных сечений и получению их оценок для процессов одиночной и двойной дифракционной диссоциации на основе экспериментальных данных. Для решения поставленных задач использован ковариантный реджевский подход с учетом унитарных поправок. Представлен детальный анализ проблемы малости получаемых на основе эксперимента оценок померон-протонных и померон-померонных сечений по сравнению с соответствующим пион-протонным параметром, а также предложены возможные пути ее решения. В рамках ковариантного реджевского подхода получены амплитуды и сечения для изучаемых процессов дифракционной диссоциации. На основе модели с факторизованной формой померон-протонного сечения рассмотрены различные параметризации для учета перерассеяния, а также случай отсутствия унитарных поправок. Представлены кинематические зависимости померон-протонных сечений при различных \sqrt{s} и их оценки в приближении сохраняющихся токов, оказавшиеся по порядку величины близкими к адрон-адронным сечениям.

В пятой главе представлено краткое описание генераторов событий, созданных на основе результатов теоретических исследований диссертационной работы и использованных при получении численных оценок для изучаемых дифракционных процессов. Обсуждается структура генератора событий, разрабатываемого для моделирования широкого спектра эксклюзивных дифракционных процессов в протон-протонных столкновениях при энергиях БАК.


В заключении диссертации перечислены основные результаты работы.

В приложениях детально описана кинематика изучаемых дифракционных процессов, ковариантная реджезация и структура амплитуд.

Новизна исследований определяется тем, что в диссертации

- впервые получены оценки сечений пион-протонного рассеяния при энергиях столкновений в системе центра масс, находящихся в диапазоне 1–3 ТэВ;
- впервые строго доказаны следствия предположения о сохраняющихся токах и их влияния на оценки померон-протонного сечения;
- получены оценки и кинематические зависимости померон-протонных сечений при различных модельных предположениях;
- получены предсказания для сечений центрального образования различных конечных состояний в эксклюзивных дифракционных процессах при энергиях БАК.

Значимость полученных в диссертации результатов

Полученные в диссертации результаты вносят существенный вклад в систематическое изучение дифракционных процессов в адронных взаимодействиях. Детально разработанный общий подход к описанию реакций эксклюзивного дифракционного центрального рождения позволил получить оценки сечений образования различных конечных состояний в неисследованной области . Это имеет важное значение для развития теоретических методов изучения «мягкой» физики, соответствующей непертурбативному сектору КХД. Предложенная методика извлечения пион-протонных и пион-пионных сечений использована для подготовки будущих измерений на БАК. Результаты точного спин-тензорного анализа в реджевском подходе с сохраняющимися токами использованы при получении выражений для дифференциальных померон-протонных сечений в процессах одиночной и двойной дифракционной диссоциации при высоких энергиях. Результаты диссертационной работы могут быть полезны для физического анализа данных действующих экспериментов, а также при проектировании будущих установок планируемых ускорительных комплексов. Таким образом, результаты проведенных автором диссертации

исследований представляют научную и практическую значимость для физики сильных взаимодействий.

Степень обоснованности и достоверность полученных результатов

Достоверность результатов работы подтверждается применением апробированных методов квантовой теории поля и согласованностью выводов. Материалы диссертации докладывались на международных конференциях и рабочих совещаниях. Основные результаты полно представлены в научной печати. Все это подтверждает высокую степень обоснованности и достоверности полученных в диссертационной работе результатов.

Говоря о диссертации в целом, необходимо отметить высокий теоретический и феноменологический уровень работы. К несомненным достоинствам диссертационной работы можно отнести, в частности, подробное описание кинематики и физических наблюдаемых для каждого типа исследуемых дифракционных процессов, а также проблематики соответствующих экспериментальных измерений, что является дополнительным свидетельством детальной проработки автором выбранной темы. Личный вклад автора в основные результаты исследования не вызывает сомнения.

Замечания

В качестве замечаний необходимо отметить следующее.

1. Утверждение «...участвуют пионы, которые являются фундаментальными частицами для сильных взаимодействий...» на стр. 32 требует уточнения модели, к которой оно относится, поскольку, например, в КХД фундаментальными частицами, участвующими в сильном взаимодействии, являются кварки и глюоны.

2. В тексте как автореферата (табл. 1, стр. 16, 17 и т.д.), так и диссертации (стр. 49, 50, табл. 2.1 и т.д.) погрешности и, соответственно, результаты приведены с избыточным количеством значащих цифр.

3. На рис. 2.8 отсутствуют данные эксперимента CDF, наличие которых подразумевает подпись к рисунку. Это же замечание относится к рис. 4 в автореферате.

4. Для соотношений (2.38) и (2.39) отсутствуют ссылка на источник и обоснование наличия погрешностей только для парциальных ширин распадов тяжелых кваркониев. В случае константы сильного взаимодействия (α_s) не указан порядок приближения, в котором получены используемые в диссертационной работе значения.

5. В табл. 3.8 экспериментальные данные приведены без погрешностей, отсутствует ссылка на источник для табл. 3.13.

6. Утверждение о необходимости дополнительных измерений полного и упругого сечений протон–протонных столкновений именно при $\sqrt{s} = 10$ ТэВ для уменьшения теоретических неопределенностей (стр. 100) требует корректировки и / или дополнительных обоснований, поскольку не ясна уникальность данного значения \sqrt{s} для предложенного в диссертационной работе метода. Это требование подтверждается, в частности, использованием в пп. 3.5.4 (стр. 126) уже имеющихся измерений при $\sqrt{s} = 7$ ТэВ для указанных протон–протонных параметров.

7. В отдельных случаях перепутаны русско- и англоязычные обозначения (рис. 1.13 – для отдельных частей, стр. 56, 155 и далее по тексту – для гиперболических функций), встречаются опечатки в тексте как автореферата (стр. 8, 10 и т.д.), так и диссертации (стр. 5, 17, 44, 58, 75, 148, 162 и т.д.).

Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы и значимость результатов, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертация Рютина Р.А. «Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже – эйкональном подходе» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. В опубликованных автором работах полно отражены основные результаты и положения диссертации. Диссертационная работа обладает научной и практической значимостью.

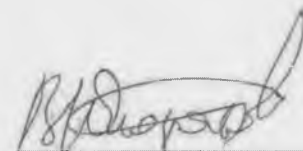
На основании вышеизложенного считаю, что диссертация «Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже-эйкональном подходе» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, **Рютин Роман Анатольевич**, за оценки не извлекаемых прямыми методами сечений для отдельных типов дифракционных процессов при высоких энергиях заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Доктор физико-математических наук, доцент, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра физики

Диссертация защищена по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц отрасли науки 01 – физико-математические науки

г. Москва, «04» марта 2019 г.

Почтовый адрес:
115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31
тел. +7-499-788-5699 доб. 5818,
электронная почта: VAOkorokov@mephi.ru



Окороков Виталий Алексеевич

Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ
А.А. Абатурова

