

О Т З Ы В

официального оппонента д.ф.-м.н. Селюгина Олега Викторовича
на диссертацию Годизова Антона Александровича
«Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в
эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже»,
представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.3.3. – «теоретическая физика».

Актуальность работы

Диссертационная работа Годизова Антона Александровича посвящена исследованию дифракционных процессов при рассеянии адронов высоких энергий. Одним из основных положений в физике элементарных частиц является представление, что при достаточно высоких энергиях законы взаимодействия элементарных составляющих становятся достаточно простыми (например, идея великого объединения различных видов взаимодействия) и могут быть выведены из нескольких общих физических принципов. Отметим, что большинство имеющихся строгих законов и ограничений на поведение амплитуды рассеяния получено в пределе сверхвысоких энергий взаимодействия и связаны именно с упругими взаимодействиями адронов. Интенсивное развитие физики высоких энергий, начиная с создания ускорителя в Протвино и открытия так называемого «Серпуховского эффекта» привело в настоящее время к общему мнению, что истинной теорией сильного взаимодействия является квантовая хромодинамика (КХД), то есть квантовая теория поля описывающая взаимодействие цветных кварков и глюонов. КХД успешно описывает широкий спектр неупругих процессов в области малых расстояний, что соответствует большим передачам импульса, то есть области асимптотической свободы КХД. Однако, 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 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. Среди нашедших широкое применение в физике высоких энергий подходов необходимо выделить квазипотенциальный метод А.А. Логунова и А.Р. Тавхелидзе, интенсивно исследованный в ряде последующих работ В.Г. Кадышевского и В.А. Матвеева., в рамках которого имеется возможность сочетать строгость основных принципов квантовой теории поля с использованием как эмпирических, так и эвристических соображений о характере взаимодействия частиц высоких энергий. Наличие динамического уравнения для амплитуды рассеяния позволяет в квазипотенциальном подходе найти главный асимптотический член, а также поправки к нему в различных областях передачи импульса.

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 перерассеяния, отличия картины адронной дифракции от классической, так и предполагаемые, такие как универсальность асимптотического поведения адронных

сечений, предположения о структуре объектов взаимодействия. Особую актуальность имеют достаточно надежные предсказания по взаимодействию адронов на существенно большие энергии, которые необходимы для понимания многих аспектов быстро развивающейся космологии и физики космических лучей.

В диссертации рассмотрены основные проблемы дифракционной физики, рассмотрен общий подход к описанию процессов эксклюзивного центрального рождения. Развита модель, опирающаяся на Редже-эйкональный подход и привлечение гипотезы о нелинейности интерсептов реджионов, обеспечивающих взаимодействие сталкивающихся адронов. Также предложен метод, позволяющий с единой точки зрения описывать как чисто упругое рассеяние так и реакций дифракционной диссоциации. Результаты работы несомненно являются актуальными как для более глубокого понимания теоретических моделей, так и для постановки новых экспериментов.

Научная новизна

Предложенный автором новый подход к Редже траекториям, обуславливающий их сильную нелинейность по передачи импульса несомненно является новым, независимым от других работ рассматривающих нелинейность интерсептов. Естественным результатом такого подхода была согласованность с асимптотическими предсказаниями кваркового счета.

Интересным является предложенный метод оценки справедливости теоретической модели, с параметрами полученными из анализа определенных экспериментальных данных, при сравнении предсказаний модели с другим набором экспериментальных данных. Использовать представленные результаты рекомендуется как для постановки новых экспериментов на БАК и НИКА, 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. Полученные в диссертации результаты являются важным вкладом в наше понимание адронных дифракционных процессов.

Апробация результатов

Результаты исследований, вошедших в диссертацию, представлены в 11 научных статьях, опубликованных в ведущих научных журналах, таких как – Phys. Rev. D, Phys. Lett. B, Nucl. Phys. A, Eur. Phys. J. C, неоднократно обсуждались на рабочих совещания, и на международных конференциях посвященных физике высоких энергий.

Вклад автора в получение результатов

Все работы автора, на которых основана данная диссертация, представлены в соответствующих журналах без соавторов, что говорит что автор несет полную ответственность за представленные работы. Случай достаточно редкий в наше время. Таким образом вклад автора в получение защищаемых им результатов является определяющим.

Достоверность полученных результатов подтверждена экспертами в рамках коллаборации CMS, данными HERA, CDF, 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, шести глав, заключения и двух приложений, а также отдельных приложений с рисунками и таблицами. Диссертация содержит 182 страницы, в том числе 10 таблиц и 50 рисунков. Список литературы содержит 215 ссылок. В первой главе дан краткий обзор реджевской феноменологии мягких дифракционных процессов.

Вторая глава посвящена введению нелинейных Редже траекторий в рамках эйконоального представления для амплитуды рассеяния. В третьей главе рассмотрено упругое дифракционное рассеяние нуклонов (включающих протоны и антипротоны) при высоких энергиях. В четвертой главе для этих же нуклонов рассмотрено неупругое рассеяние при высоких энергиях. В пятой главе подробно рассматривается взаимодействие так называемого «мягкого» померона с легкими мезонами и фотоном. Шестая глава посвящена поиску ренорм-инвариантных сингулярностей в 4-кварковой функции Грина и физической интерпретации найденной серии полюсов. В заключении приводятся основные результаты диссертации выносимые на защиту.

Общая оценка диссертации и замечания.

Степень обоснованности положений диссертации

В диссертации представлены подходы, основанные на базовых теоретических положениях квантовой теории поля, которые многократно были проверены в экспериментах. Во второй главе, рассматривающей упрощенную версию редже-эйконоального формализма, используется гипотеза Ван Хофа о том, что при больших энергиях столкновения адронов и малых значениях переданного момента Борновская амплитуда упругого рассеяния может быть представлена суммой t -канальных резонансных вкладов, Все базовые положения диссертации являются научно обоснованными.

Несмотря на общее положительное впечатление от данной диссертации все же необходимо сделать некоторые замечания и отметить возможные направления дальнейших работ. Пожалуй, основное замечание относится к практически не обсуждаемой в диссертации вещественной части амплитуды рассеяния. А именно соотношение вещественной и мнимой частей определяется дисперсионными соотношениями (локальными или интегральными). Хотя в диссертации и отмечается что размер и форма дифракционного минимума в основном определяется вещественной частью амплитуды рассеяния, но энергетическая зависимость и зависимость от передачи импульса вещественной части амплитуды рассеяния не обсуждается. При обсуждении предсказаний модели на 8 и 13 ТэВ в области малых передач импульса (см. Рис. 23) Кулон-ядерным интерференционным членом пренебрегается, а именно он определяет поведение дифференциальных сечений в области $-t \sim 0.001 \text{ ГэВ}^2$ и определяет разницу в протон-протонном и протон-антипротонном рассеянии (тоже относится к рисунку 28).

Также наблюдается некоторая селекция экспериментальных данных. Так, например, (см. Таблицу 3) в рассмотрение берутся данные коллаборации UA4, которые, в частности, дали значение $\rho(t=0)=0.24$ (отношения вещественной части амплитуды упругого нуклонного рассеяния к ее мнимой части) что вызвало большой вопрос об Оддероне в области малых передач импульса. Однако данные коллаборации UA4/2, специально поставленного высокоточного эксперимента, (давшие $\rho(t=0)=0.139$ и закрывшие проблему Оддерона), во внимание не приняты. Также в Таблице 6 и 8 отсутствуют высокоточные данные коллаборации JINR-FNAL при $\sqrt{s}=27.4, 23.9, 22.2 \text{ ГэВ}$.

Высказанные замечания относятся к содержанию рукописи и ни в коей мере не снижают собственно ценности проделанной обширной работы. Выполненная обширная работа, отраженная в 11 печатных статей в ведущих научных журналах, представляет целостным и завершенным научным исследованием и представляет практическую ценность для развития научных представлений в данном направлении физических исследований – адронного взаимодействия при высоких энергиях.

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию самой диссертации.

Заключение

Диссертация Годизова А.А. «Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже» представляет законченную научно-квалификационную работу и отвечает всем требованиям "Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.(в действующей редакции), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Годизов Антон Александрович, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. - теоретическая физика.

Отзыв составил

ведущий научный сотрудник ЛТФ ОИЯИ,

доктор физ.-мат. наук

тел. 21-66480

e-mail: selyugin@theor.jinr.ru

19.01.2024

О.В. Селюгин

Полный адрес института:

Международная межправительственная организация

Объединенный институт ядерных исследований,

141980 г. Дубна, Московской обл., ул. Жолио-Кюри, 6

тел. +7(496) 216 50 59

e-mail: post@jinr.ru

Подпись О.В. Селюгина удостоверяю.

Ученый секретарь ЛТФ ОИЯИ.

А. В. Андреев

