

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Полежаева Романа Геннадьевича «Описание процессов рассеяния и распада составных кварковых систем методами релятивистской квантовой механики с фиксированным числом частиц», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

На протяжении многих лет исследование свойств лёгких мезонов является важной и актуальной задачей физики элементарных частиц, играющей существенную роль для понимания низкоэнергетической области квантовой хромодинамики. Несмотря на значительный экспериментальный и теоретический прогресс, достигнутый в последние годы, многие важные теоретические проблемы остаются нерешёнными. Это прежде всего связано с отсутствием последовательного описания на основе первых принципов квантовой хромодинамики инфракрасной области взаимодействия кварков и явления конфайнмента. Непертурбативная задача на связанные состояния кварков в мезонах дополнительно усложняется высокими, близкими к скорости света, скоростями лёгких кварков, требующими последовательного релятивистского описания их динамики, без использования нерелятивистского разложения по скоростям.

Диссертация посвящена разработке нового эффективного релятивистского метода изучения процессов рассеяния и распада мезонов и исследованию в его рамках конкретных физических процессов с участием π - и ρ - мезонов. Для количественного описания такого рода процессов использован непертурбативный подход в рамках релятивистской составной модели с конечным числом степеней свободы – релятивистская квантовая механика с фиксированным числом частиц. Для исследования процессов распадов лёгких мезонов разработан новый метод построения матричных элементов токов, недиагональных по полному угловому моменту. Важным достоинством диссертационной работы является предложенное автором модифицированное импульсное приближение, которое в отличие от общепринятого импульсного приближения не приводит к нарушению условий лоренц-ковариантности и сохранения тока. В качестве проверки разработанного подхода показано, что найденное на его основе выражение для константы

лептонного распада ρ -мезона совпадает с соответствующим выражением, ранее полученным в других подходах.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении сформулированы цели и задачи исследования, обоснована актуальность, научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава является вводной. В ней подробно перечислены различные релятивистские методы изучения двухчастичных связанных систем. Основное внимание уделено описанию трёх основных форм релятивистской квантовой механики: мгновенной формы, точечной формы и динамике на световом фронте. Обсуждены различия расчёта электрослабых свойств составных систем в их рамках. Продемонстрирован способ построения матричного элемента электрослабого тока, диагонального по полному угловому моменту.

Во второй главе предложен метод построения матричных элементов токов, недиагональных по полному угловому моменту. Сформулировано модифицированное импульсное приближение, которое в отличие от стандартного импульсного приближения не нарушает релятивистскую инвариантность. На основе разработанного метода исследования составных кварковых систем вычислена константа лептонного распада, зарядовый радиус ρ -мезона и его электромагнитные формфакторы. В результате получено теоретическое описание π - и ρ -мезонов при одинаковых параметрах конститuentных кварков, хорошо согласующееся с имеющимися экспериментальными данными. Показано, что рассчитанный в рамках рассматриваемого подхода среднеквадратичный радиус ρ -мезона удовлетворяет гипотезе Ву и Янга о равенстве сильного и зарядового радиусов адронов, экспериментально подтверждённой для ряда адронов.

В третьей главе в рамках разработанного подхода изучен радиационный распад $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$. Проанализирована зависимость электрослабых характеристик π - и ρ -мезонов от масс конститuentных кварков и выбора волновой функции в используемой кварковой модели. Проведён расчёт переходного формфактора распада $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$. Получено хорошее согласие с экспериментом вычисленного магнитного момента перехода $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$, а также близкое к предсказаниям КХД

поведение переходного формфактора для этого процесса при больших переданных импульсах.

В четвёртой главе диссертации впервые показана эквивалентность основных форм релятивистской квантовой механики – мгновенной и точечной форм динамики, а также динамики на световом фронте – на примере расчёта электромагнитного формфактора пиона. Установлено, что аналитические выражения для электромагнитного формфактора пиона, полученные в рамках модифицированного импульсного приближения, сформулированного на языке приведённых матричных элементов, являются одинаковыми во всех формах динамики.

В заключении приведены основные результаты работы. В приложениях даны выражения для формфакторов.

В качестве замечаний и пожеланий укажем на следующее. Во-первых, в диссертации используются феноменологические волновые функции π - и ρ -мезонов, параметры которых фиксируются из экспериментальных данных по их константам распада или зарядовому радиусу. Для повышения предсказательной силы и оценки значимости представленных результатов было бы желательно провести расчёты с волновыми функциями, полученными при вычислении масс лёгких мезонов на основе решения уравнения для связанных состояний. Во-вторых, было бы интересно распространить предложенный подход на K - мезоны, состоящие из кварков с разными конституентными массами. Провести вычисления констант распада, электромагнитных формфакторов, зарядовых радиусов как заряженных, так и нейтральных псевдоскалярных и векторных K - мезонов.

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают научной ценности диссертации, а являются скорее пожеланиями по дальнейшему развитию исследований.

Диссертация Полежаева Романа Геннадьевича является законченным научным исследованием, содержащим новое решение актуальной научной задачи – изучение электрослабых характеристик релятивистских составных систем в широкой области переданных импульсов. Полученные результаты имеют важное значение для исследования электрослабых свойств связанных состояний в физике элементарных частиц. Они могут быть использованы при подготовке

экспериментов по изучению электрослабой структуры мезонов и при анализе полученных данных.

Основные результаты диссертации своевременно опубликованы в ведущих научных журналах, докладывались на международных и российских конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Полежаев Роман Геннадьевич, безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

14 марта 2017 г.

Главный научный сотрудник
Института образовательной информатики
ФИЦ ИУ РАН
д.ф.-м.н.



Галкин В.О.

Подпись Галкина В.О. удостоверяю

Учёный секретарь ФИЦ ИУ РАН
д.т.н.



Захаров В.Н.

14.03.2017