

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Лаборатории
теоретической физики
им. Н.Н.Боголюбова



Объединенного института
ядерных исследований

профессор

Воронов В.В.

«10» марта 2017 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Лаборатории теоретической физики им. Н.Н.Боголюбова Объединенного института ядерных исследований на диссертационную работу Полежаева Романа Геннадьевича «Описание процессов рассеяния и распада составных кварковых систем методами релятивистской квантовой механики с фиксированным числом частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «физика атомного ядра и элементарных частиц»

Диссертационная работа посвящена проблеме релятивистского описания электрослабых свойств систем, состоящих из легких кварков (π - и ρ - мезонов), в формализме мгновенной формы релятивистской квантовой механики с фиксированным числом частиц (РКМ).

Исследование электрослабых характеристик легких мезонов является важным инструментом для изучения переходной области, в которой устанавливается режим пертурбативной квантовой хромодинамики (пКХД). Изучение этих систем занимает важное место в экспериментальных исследованиях на современных ускорителях. Среди наиболее важных результатов последних лет в этой области следует, прежде всего, отметить измерение электромагнитного формфактора пиона при больших переданных импульсах (JLab), получение из распада $\tau \rightarrow \rho \nu_\tau$ константы лептонного распада ρ -мезона, измерение магнитного момента радиационного перехода $\rho \rightarrow \pi \gamma^*$. Одним из важных, пока необъясненных результатов является обнаруженное коллаборацией BABAR отклонение от предсказаний пКХД в поведении переходного формфактора $F_{\pi \rightarrow \gamma^*}(Q^2)$ при больших передачах импульса. Таким образом, теоретическое исследование электрослабой

структуры составных кварковых систем, проведенное в диссертации является весьма актуальным.

В диссертации Р.Г.Полежаевым для исследования электрослабой структуры составных систем используется одна из формулировок мгновенной формы релятивистской квантовой механики. Узловым пунктом этого подхода является построение матричных элементов оператора тока составных систем. В диссертационной работе в рамках мгновенной формы РКМ разработана оригинальная процедура построения матричных элементов электрослабых токов, недиагональных по полному угловому моменту. Развита в диссертации процедура позволяет изменить формулировку т.н. импульсного приближения, обычно используемого в составных моделях. В диссертации впервые при описании процессов распада введено т.н. релятивистское модифицированное импульсное приближение (МИП), сформулированное в терминах приведенных матричных элементов (формфакторов). В отличие от общепринятого импульсного приближения МИП не приводит к нарушению условия лоренц-ковариантности оператора тока, а в случае электромагнитного тока - закона сохранения. В развитом формализме получено согласованное описание электрослабых характеристик π - и ρ - мезонов. Параметры составной кварковой модели фиксировались в диссертации из расчетов электрослабых характеристик пиона, расчеты же электрослабых свойств ρ -мезона проводятся без свободных параметров. Результаты вычисления среднеквадратичного радиуса ρ - мезона удовлетворяет известной гипотезе Ву и Янга о равенстве электрического и сильного радиусов адронов, подтвержденной для ряда адронов. Результаты расчета магнитного момента распада $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$ хорошо описывают имеющиеся экспериментальные данные. Отметим также, что одновременное хорошее описание экспериментальных данных для константы лептонного распада и среднеквадратичного радиуса ρ - мезона является отличительной чертой развиваемого подхода и не достигается в большинстве других подходов. Интересной особенностью представленного диссертационного исследования является обнаружение слабой зависимости результатов расчетов для π - и ρ - мезонов от выбора вида двухкварковой волновой функции и сильная зависимость от параметров конstituентных кварков, в частности, от массы конstituентного кварка. В целом можно сказать, что в диссертации развит эффективный метод релятивистского расчета процессов рассеяния и распада составных кварковых систем, который может быть использован для анализа проведенных и планируемых экспериментов.

Таким образом, актуальность, новизна, научная и практическая ценность работы не вызывают сомнения.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, и заключения.

Во введении дается краткое описание темы исследования, сформулированы цели, основные результаты, полученные в диссертации, научная новизна и практическая ценность полученных результатов работы.

Первая глава носит обзорный характер. Основное внимание в ней уделено описанию основных форм РКМ: мгновенной формы, точечной формы и динамики на световом фронте. Кратко обсуждаются результаты расчетов электрослабых свойств составных систем в этих формах динамики. Изложена методика построения с помощью общего метода параметризации матричных элементов локальных операторов матричных элементов электрослабого тока.

Вторая глава посвящена описанию оригинального метода построения матричных элементов токов, недиагональных по полному угловому моменту. Матричные элементы компонент тока описываются в терминах неприводимых тензорных операторов и выражается через конечное число неприводимых матричных элементов или формфакторов. В качестве иллюстрации развитой методики получено аналитическое выражение для константы лептонного распада ρ - мезона. Показано, что аналитическое выражение для константы f_ρ совпадает с выражениями, полученными в рамках точечной формы динамики и динамики на световом фронте. Произведены расчеты зарядового радиуса ρ - мезона. Параметры модели фиксировались из пионных расчетов и из экспериментального значения константы лептонного распада ρ - мезона. Полученное без свободных параметров значение среднеквадратичного радиуса ρ - мезона удовлетворяет гипотезе Ву-Янга относительно вида сечения упругого адрон-протонного рассеяния, следствием которой является равенство зарядового радиуса и среднеквадратичного радиуса сильного взаимодействия адрона.

В третьей главе обсуждается зависимость электрослабых характеристик π - и ρ - мезонов от параметров составной кварковой модели. Проведены численные расчеты электромагнитных формфакторов ρ - мезона для разных волновых функций и масс конститuentных кварков. Показано, что зависимость формфакторов от массы конститuentных кварков является более сильной, чем зависимость от выбора волновой функции. С использованием построенной во второй главе диссертации параметризации матричных элементов электрослабых токов в рамках МИП выведены

аналитические выражения для формфактора перехода в процессе распада $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$. Получено, что поведение переходного формфактора при больших переданных импульсах соответствует предсказаниям КХД. Результаты расчета магнитного момента данного распада хорошо описывают имеющиеся экспериментальные данные.

В четвертой главе на примере простой модельной системы двух бесспиновых частиц, а также на примере расчета электромагнитного формфактора пиона впервые показано, что при использовании развиваемой в диссертации процедуры построения матричных элементов токов и модифицированного импульсного приближения аналитические выражения для формфакторов совпадают в основных формах РКМ.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Среди важных результатов можно отметить следующее:

1. В рамках мгновенной формы релятивистской квантовой механики разработана процедура параметризации матричного элемента электрослабого тока, недиагонального по полному угловому моменту, что позволяет использовать развитый эффективный формализм для описания процессов распада.

2. С использованием развитой процедуры произведены расчеты константы лептонного распада, среднеквадратичного радиуса ρ - мезона переходного формфактора и соответствующего магнитного момента перехода в распаде $\rho \rightarrow \pi\gamma^*$. Результаты хорошо согласуются с экспериментом.

3. Показана возможность согласованного описания измеренных в экспериментах электрослабых характеристик π - и ρ - мезонов при одних и тех же параметрах модели.

Личный вклад автора заключается в формулировке методики построения матричного элемента электрослабого тока перехода, недиагонального по полному угловому моменту, выполнении всех аналитических выкладок, проведении численных расчетов.

В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Однако она не лишена недостатков. В качестве примеров можно привести следующие.

1. При расчетах электрослабых характеристик легких мезонов используются модельные волновые функции простого вида. Результаты расчетов были бы более весомыми при использовании более реалистичных волновых функций, отвечающих общепринятым представлениям о характере взаимодействия кварков - кулоновском на малых расстояниях и растущим линейным образом на больших.

2. В диссертации представлена новая формулировка импульсного приближения - МИП, однако отсутствуют численные оценки различия между результатами расчетов в общепринятой формулировке импульсного приближения и введенной в диссертации.

3. Представляется, что сделанный в первой главе диссертации обзор существующих методов описания составных кварковых систем является довольно схематичным.

Замеченные недостатки не снижают общую высокую оценку диссертации.

Диссертация Полежаева Романа Геннадьевича представляет собой законченное исследование, имеющее важное значение для рассматриваемой области физики.

Результаты диссертации полно отражены в публикациях автора. По теме диссертации опубликованы 5 статей в реферируемых журналах из списка ВАК.

Объем диссертации составляет 123 страницы. Она включает 12 рисунков, 4 таблицы и 2 приложения. Список цитируемой литературы состоит из 187 наименований.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет требованиям п.8 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 74 Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. в редакции Постановления № 842 Правительства РФ от 23 сентября 2013 г., представляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и ее автор Полежаев Роман Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «физика атомного ядра и элементарных частиц».

Доклад Полежаева Р.Г. по материалам диссертации был заслушан и одобрен на семинаре «Релятивистская ядерная динамика» Лаборатории теоретической физики имени Н.Н.Боголюбова 30 июня 2016 года.

Отзыв составил доктор
физико-математических наук
профессор



В.В. Буров

Подпись В.В.Бурова заверяю