



“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор МГУ им. М.В. Ломоносова

д. ф.-м. н., профессор

А.А. Федянин

**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА
(МГУ)**

Ленинские горы, д. 1, Москва, ГСП-1, 119991
Тел.: 939-10-00, факс: 939-01-26

14.12.2016 № 1599-16/013-03

На № 300-20.17 от 27.10.2016

“ ” декабря 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова” - на диссертационную работу Пивоварова Алексея Александровича “Рождение мезонов в распадах τ – лептонов и e^+e^- аннигиляции в рамках расширенной модели Намбу – Иона-Лазинио”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Одним из фундаментальных вопросов современной физики элементарных частиц является адекватное описание сильных взаимодействий при низких и средних энергиях. В силу важнейшего свойства асимптотической свободы, теория возмущений в фундаментальной теории сильных взаимодействий – квантовой хромодинамике – вполне применима при высоких энергиях, однако для описания низкоэнергетических явлений требуются методы, учитывающие непертурбативные эффекты теории. Существование таких эффектов не вызывает сомнений в силу наличия конденсатных вакуумных средних, например, глюонного и кваркового конденсатов, отсутствующих в стандартной теории возмущений. Описание непертурбативных эффектов является сложной теоретической проблемой и требует развития специальных методов и подходов.

Одним из наиболее продуктивных подходов к описанию непертурбативных эффектов является метод эффективных взаимодействий, который состоит в определении некоторых взаимодействий в ограниченной области импульсного пространства, которые и служат для учета непертурбативных эффектов. Наиболее известным таким эффективным взаимодействием является взаимодействие Намбу – Иона-Лазинио, первоначально введенное авторами для описания взаимодействий нуклонов и пионов и впоследствии переформулированное с учетом того, что структура адронов определяется взаимодействием цветных кварков и глюонов. Введенное первоначально на основании феноменологических соображений, это взаимодействие впоследствии получило обоснование на основе подхода спонтанного возникновения эффективных взаимодействий в рамках фундаментальной квантовой хромодинамики. Отметим, что успехам в развитии и применении методики взаимодействия Намбу – Иона-Лазинио в сильной степени способствовали работы одного из руководителей диссертанта проф. М. К. Волкова.

В рецензируемой диссертации рассматриваются следствия расширенной модели Намбу – Иона-Лазинио, в которой наряду с основными параметрами модели вводятся также формфакторы кварковых взаимодействий. Этот подход позволяет учесть наличие возбуж-

денных мезонных состояний. Возбужденные состояния дают существенный вклад в процессы, изучаемые в диссертации, а именно, в распады τ -лептонов и в e^+e^- аннигиляцию при полной энергии \sqrt{s} от одного до двух ГэВ. Применение методов эффективных взаимодействий к этим процессам является важной и актуальной задачей физики частиц, экспериментальные исследования в этом направлении проводятся в ряде ведущих центров, в том числе, в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН. Следует отметить также, что уточнение механизмов распадов τ -лептонов и e^+e^- аннигиляции необходимо для актуальной проблемы современной физики частиц, связанной с вычислением адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона, измерение которого привело к указаниям на отклонения от предсказаний Стандартной Модели. Уточненные эксперименты по этой проблеме ожидаются уже в 2017 году.

Диссертационная работа состоит из Введения, трех глав и Заключения и списка литературы. Список литературы содержит 72 источника.

Во Введении обосновывается новизна и актуальность работы. Дан краткий обзор проблем модели Намбу – Иона-Лазинио, ее развития и приложений к различным процессам. Сформулирована цель исследования, перечислены экспериментальные установки, связанные с проблемами, рассматриваемыми в диссертации.

В первой главе дано описание основ модели Намбу – Иона-Лазинио и ее развития вплоть до формулировки расширенной модели, непосредственно используемой в диссертации. Подчеркивается, что основные параметры модели, а именно, токовые массы кварков и эффективные обрезания фиксируются в исходной формулировке. В расширенной модели дополнительно вводятся параметры формакторов. Вводятся также параметры смешивания основных и возбужденных состояний. Эти параметры определены из соответствия с наблюдаемыми свойствами возбужденных состояний. Полученная формулировка модели используется в последующих вычислениях конкретных процессов, которые, таким образом, приводят к полностью определенным результатам.

Во второй главе рассматриваются распады τ -лептонов, содержащие состояния с ненулевой странностью среди продуктов распада. Для распадов $\tau \rightarrow K^- \pi^0 \nu_\tau$ и $\tau \rightarrow K^- \eta \nu_\tau$ получено хорошее согласие с экспериментальными значениями. При этом выясняется, что основной вклад дается диаграммами с обменом векторными состояниями $K^*(892)$ и $K^*(1410)$. Аналогичным образом вычисляется и распад $\tau \rightarrow K^- \eta'(985) \nu_\tau$ в согласии с экспериментальными ограничениями. При этом показано, что в рамках методики расширенной модели вполне удовлетворительно работает резонансная параметризация Брейта-Вигнера. Для распада $\tau \rightarrow K^- K^0 \nu_\tau$ с двумя странными мезонами также получено удовлетворительное согласие с имеющимися данными. Большой интерес представляют также результаты по поляризационным эффектам в распаде $\tau \rightarrow K^- \pi^0 \nu_\tau$. В диссертации приводятся предсказания для дифференциальной ширины распада при учете поперечной поляризации τ -лептона, сравнение которых с экспериментом дало бы дополнительную проверку методики диссертации.

В третьей главе диссертации развитый подход применяется к исследованию процесса электрон-позитронной аннигиляции в мезоны. Объектом исследования также служат конечные состояния, содержащие странные мезоны, т.е. процессы $e^+e^- \rightarrow K^+K^{*-}(892)$, $e^+e^- \rightarrow K^-K^{*+}(892)$, $e^+e^- \rightarrow K^+K^{*-}(1410)$, $e^+e^- \rightarrow K^-K^{*+}(1410)$. Учитываются как диаграммы с непосредственным взаимодействием фотона с парой мезонов, так и диаграммы с обменом векторными состояниями ρ , ω , ϕ и их возбуждений. С учетом определенных ранее параметров смешивания мезонов и их возбуждений, получены выражения для эффективных поперечных сечений исследуемых процессов. Получено качественное согласие с экспериментальными данными. Далее рассмотрены процессы $e^+e^- \rightarrow \eta \phi(1020)$, $e^+e^- \rightarrow \eta'(958)\phi(1020)$ и аналогичные процессы с рождением мезона $\phi(1680)$. Для первого процесса получено вполне удовлетворительное согласие с экспериментальными данными, а результаты по другим процессам ожидают предстоящих экспериментов. Проведено сравнение с результатами других теоретических подходов и отмечена близость предсказаний с тем уточнением и преимуществом, что представленный в диссертации метод, в отличие от других подходов, не содержит дополнительных параметров.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания.

1. При представлении результатов вычислений в диссертации не всегда обсуждаются возможные погрешности ответа. Было бы полезно оценить типичную точность вычислений в рамках представленного подхода. Положительным примером здесь могло бы послужить обсуждение результата для распада $\tau \rightarrow K^- K^0 \nu_\tau$ на стр. 56 – 57, где показано, как меняется результат при вариации параметров возбужденных состояний в пределах точности их определения. При этом получающаяся погрешность результата оказывается порядка 15%. По-видимому, оценка 10-15% могла бы служить ориентиром точности подхода для рассматриваемых процессов.

2. При вполне аккуратном изложении в целом, имеются некоторые опечатки. Например, на стр. 39, 2-я строка снизу: "промежуточных" вместо "промежуточным".

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают существенно ценность результатов рассматриваемой диссертационной работы.

Представленная работа является законченным научным исследованием и представляет значимый интерес с точки зрения теоретического описания физики адронов при низких и средних энергиях. Актуальность и новизна результатов не вызывают сомнений. Актуальность связана с необходимостью развития методики эффективных взаимодействий, как действенного инструмента определения непертурбативных вкладов в физике адронов. Научная новизна связана с тем, что в работах, на которых основана диссертация впервые в рамках расширенного взаимодействия Намбу - Иона-Лазинио проведено последовательное исследование адронных процессов с рождением странных частиц и резонансов в области средних энергий 1 – 2 ГэВ. Эта область, во-первых, важна, как мы уже отмечали, а, во-вторых, очень непроста для анализа и требует разработки адекватной методики, что и представлено в диссертации. Достоверность полученных результатов обусловлена применением апробированной на большом материале методики расширенной модели Намбу – Иона-Лазинио и последовательным использованием методов квантовой теории поля. Результаты исследований неоднократно докладывались на научных семинарах и были своевременно опубликованы в ведущих международных рецензируемых журналах, индексируемых в Web of Science и SCOPUS. Опубликованные работы и автореферат правильно и полно отражают содержание диссертационной работы.

Вопросы, рассмотренные в диссертации, тесно связаны с тематикой исследований ряда научных учреждений, в числе которых можно назвать Объединенный институт ядерных исследований, физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Научно-исследовательский институт физики Санкт-Петербургского государственного университета, Институт ядерных исследований РАН, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Институт физики высоких энергий, Пекин, КНР.

Высказанные соображения позволяют заключить, что диссертационная работа Пивоварова Алексея Александровича "Рождение мезонов в распадах τ -лептонов и e^+e^- аннигиляции в рамках расширенной модели Намбу – Иона-Лазинио" полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 года (приказ № 335), а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Доклад А.А. Пивоварова по материалам диссертации был заслушан и одобрен на семинаре отдела теоретической физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, протокол №2 от 30 ноября 2016 года.

Директор НИИЯФ МГУ,
доктор физ.-мат. наук, профессор

Зав. отделом теоретической физики высоких энергий
НИИЯФ МГУ, доктор физ.-мат. наук, профессор

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник,
отдел теоретической физики высоких энергий
НИИЯФ МГУ, доктор физ.-мат. наук, профессор



М.И. Панасюк

В.И. Саврин

Б.А. Арбузов

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Почтовый адрес:

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, МГУ им. М.В. Ломоносова

Адрес электронной почты: info@rector.msu.ru

Тел.: +7(495)939-23-48; +7(495)939-10-00

Веб-сайт: <http://www.msu.ru>