

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук САЛЕЕВА Владимира Анатольевича на диссертацию ГУСЬКОВА Алексея Вячеславовича “Изучение структуры и свойств мезонов через их взаимодействие с виртуальными фотонами в эксперименте COMPASS”, представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Описание на основе базовых принципов квантовой теории поля фундаментальных свойств адронов является одной из главных нерешённых проблем квантовой хромодинамики (КХД). Конфайнмент кварков и глюонов в адронах, а также рост бегущей константы сильного взаимодействия с уменьшением характерного масштаба энергии взаимодействия не позволяют непосредственно использовать для этого пертурбативный подход, хорошо себя зарекомендовавший для описания процессов с большими передачами импульса. В настоящее время для количественного описания спектра адронов, их статических свойств и мягких взаимодействий между ними используются феноменологические модели. Сравнение предсказаний таких моделей и теоретических вычислений для наблюдаемых величин с результатами измерений является важным тестом состоятельности и самосогласованности используемых подходов и моделей в современной физике частиц.

Диссертационная работа А. В. Гуськова посвящена экспериментальному изучению и измерению поляризуемостей заряженных мезонов в реакции радиационного рассеяния в кулоновском поле ядер, а также поиску и изучению свойств экзотических чармониев в реакции лепто(фото)рождения на ядерных мишенях. Диссертация состоит из введения, девяти глав и заключения. Во введении автором обосновывается актуальность исследований, определяются цели и задачи, а также формулируются выносимые на защиту положения, описываются научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе вводится понятие поляризуемостей адронов, даётся обзор предсказаний различных теоретических моделей для величин поляризуемостей заряженного пиона, а также даётся обзор имеющихся экспериментальных результатов.

Во второй главе даётся обзор сложившейся на сегодняшний день ситуации с экзотическими чармониеподобными состояниями. Кратко освещается история открытия и изучения таких состояний, а также рассматриваются различные методы их поиска и экспериментального изучения.

Третья глава посвящена обзору физической программы эксперимента COMPASS.

В четвертой главе приведено общее описание экспериментальной установки COMPASS в сеансах с мюонным и адронным пучками, причём более детально

описаны подсистемы детектора, которые являлись критически важными для исследований, представленных в диссертации.

Пятая глава посвящена измерению поляризуемостей заряженного пиона в эксперименте COMPASS. Рассматривается кинематика используемой реакции, анализируется опыт предыдущего подобного эксперимента на установке "СИГМА" (Серпухов), рассказывается о результатах предварительного сеанса 2004 года на установке COMPASS и основном измерении в сеансе 2009 года. В данной главе даётся подробное описание методики измерений, обсуждаются источники систематики, излагаются и обсуждаются полученные результаты для поляризуемостей пиона.

Шестая глава посвящена анализу возможности измерения поляризуемостей заряженного каона в следующей фазе эксперимента COMPASS с учётом опыта, полученного при измерении поляризуемостей пиона.

Седьмая глава посвящена поиску эксклюзивного лепто(фото)рождения экзотических чармониеподобных состояний $Z_c(3900)^\pm$ и $Z_c(4200)^\pm$ на установке COMPASS. Подробно описывается методика поиска, устанавливается верхний предел на сечение фоторождения этих состояний, а также обсуждается полученный результат.

Восьмая глава посвящена поиску эксклюзивного лепто(фото)рождения на установке COMPASS экзотического чармония $X(3872)$ в реакциях заряженного и нейтрального обмена. Описываются детали анализа и делается вывод о наблюдении со статистической значимостью 4.1 стандартных отклонения сигнала нового чармониеподобного состояния с массой 3860.4 ± 10.0 МэВ и Брейт-Вигнеровской шириной < 51 МэВ, квантовые числа которого не соответствуют таковым для $X(3872)$. Существование состояния, имеющего квантовые числа 1^{+-} , и близкого по массе к $X(3872)$, согласуется с предсказанием тетракварковой (дикварк-антидикварковой) модели экзотического чармония $X(3872)$.

В девятой главе обсуждается возможность дальнейшего поиска фоторождения экзотических чармониев в данных эксперимента COMPASS, а также в данных других экспериментов: завершившихся, продолжающихся и планируемых.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертации, соответствующие положениям, выносимым на защиту. Все положения, вынесенные на защиту, являются полностью обоснованными и подтверждёнными.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 20 печатных работах, 16 из которых входят в список ВАК и международные базы Web of Science и Scopus и были доложены на 15 международных конференциях.

Научная новизна и значимость полученных результатов заключается в следующем:

— традиционная методика измерения поляризуемостей пиона в реакции радиационного рассеяния была адаптирована к условиям установки COMPASS, а ее усовершенствование привело к уменьшению систематической ошибки измерения;

— выполнено прецизионное измерение поляризуемостей заряженного пиона, полученный результат на сегодняшний день является самым точным измерением поляризуемости адрона в отдельном эксперименте. Полученный результат находится в хорошем согласии с предсказаниями киральной эффективной теории;

— автором был впервые осуществлён поиск экзотических чармониеподобных состояний в эксклюзивных реакциях лепто(фото)рождения с заряженным и нейтральным обменами, а также получена экспериментальная оценка на величину сечения фоторождения состояний $X(3872)$, $Z_c(3900)^\pm$ и $Z_c(4200)^\pm$;

— впервые со статистической значимостью 4.1 стандартных отклонения наблюдался сигнал нового чармониеподобного состояния с массой 3860.4 ± 10.0 МэВ и Брейт-Вигнеровской шириной < 51 МэВ, квантовые числа которого не соответствуют таковым для $X(3872)$.

Представленная диссертация не свободна от ряда недостатков, о которых сказано ниже.

Во-первых, формула (1.1) для амплитуды комптоновского рассеяния фотона на адроне, в которой вводятся электрическая и магнитная поляризуемость адрона, вызывает ряд замечаний. Автор не выводит этой формулы, но и не дает ссылки на работы, где она бы обоснованно выводилась. Формула (1.1) записана в релятивистски нековариантном виде, но не указано в какой системе отсчета. Кроме этого, не совсем понятно является ли амплитуда (1.1) калибровочно-инвариантной, как это требуется в квантовой электродинамике адронов, или она записана в определенной калибровке?

Во-вторых, как и в случае формулы (1.1), формула (5.5) для дифференциального сечения комптоновского рассеяния приводится без вывода и без ссылки на источник. Связаны ли формулы (1.1) и (5.5) между собой стандартным образом? Если формула (1.1) записана, по-видимому, в системе покоя пиона в приближении малой энергий фотона, то формула (5.5) в системе центра масс фотона и пиона и при произвольных значениях инварианта s , т.е. при произвольной энергии фотона, как это согласуется между собой? Более того, утверждается, что вклад поляризационных эффектов растет с ростом s или энергии фотона, как тогда обосновать использование (1.1)?

В-третьих, ссылка [40] не содержит номера страницы и практически совпадает со ссылкой [25]. Может быть, это ссылки на одну и ту же работу?

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку данной работы и не вносят принципиальных изменений в выносимые автором на защиту положения и выводы. Диссертация А.В. Гуськова представляет собой законченное

научное исследование, выполненное на актуальную тему на хорошем научном уровне и изложенное понятным языком. Основные результаты диссертации являются, несомненно, значимыми как для дальнейшего развития феноменологических моделей КХД в области низких энергий, так и для проведения новых экспериментальных исследований в обозначенных областях. Автореферат диссертации оформлен в полном соответствии с требованиями ВАК, полностью отражает содержание диссертации и содержит необходимые формулировки цели и задач исследований, выносимых на защиту.

Таким образом, диссертационная работа Гуськова А. В. "Изучение структуры и свойств мезонов через их взаимодействие с виртуальными фотонами в эксперименте COMPASS" удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, установленным в "Положении о присуждении учёных степеней", а сам Алексей Вячеславович Гуськов, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 "Физика атомного ядра и элементарных частиц".

Отзыв составил профессор кафедры физики, Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева,

Адрес: 443086, Самара, Московское шоссе, 34

Тел.: 8-9047317206, Email: saleev@samsu.ru

Доктор физико-математических наук, профессор

Салеев Владимир Анатольевич

28 мая 2019 г.

