

**«Утверждаю»**  
Проректор  
Московского государственного  
университета им. М.В. Ломоносова  
профессор А.А.Федянин



2019 г.

### Отзыв

ведущей организации — Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» о диссертации ГУСЬКОВА Алексея Вячеславовича “Изучение структуры и свойств мезонов через их взаимодействие с виртуальными фотонами в эксперименте COMPASS”, представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Описание на основе базовых принципов КХД фундаментальных свойств адронов является одной из главных нерешённых проблем квантовой хромодинамики. 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 при высоких энергиях. В настоящее время для количественного описания спектра адронов, их статических свойств и их взаимодействий при малых энергиях используются феноменологические модели. Сравнение предсказаний таких моделей и теоретических вычислений для наблюдаемых величин с результатами измерений является важным тестом состоятельности и границ применимости используемых подходов и актуальной задачей современной физики частиц.

Диссертационная работа А. В. Гуськова посвящена экспериментальным вопросам измерения 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. Здесь 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. Здесь 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. Здесь 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. Здесь 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. Здесь описываются детали анализа и делается вывод о наблюдении со статистической значимостью 4.1 стандартных отклонения сигнала нового чармониеподобного состояния с массой  $3860.4 \pm 10.0$  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.

Автореферат диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК, полностью отражает содержание диссертации, содержит необходимые формулировки целей и задач исследований и их результатов. Все результаты, выносимые автором на защиту, в полной мере представлены в публикациях, указанных в автореферате. Основные результаты 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:

- имеющаяся методика измерения поляризуемостей пиона в реакции радиационного рассеяния была адаптирована к условиям установки COMPASS и усовершенствована с целью уменьшения систематической ошибки измерения;
- выполнено прецизионное измерение поляризуемостей заряженного пиона, причём полученный результат на сегодняшний день является самым точным измерением этой величины в отдельном эксперименте. Полученный результат находится в хорошем согласии с предсказаниями киральной эффективной теории;
- автором был впервые осуществлён поиск лепто(фото)рождения экзотических чармониеподобных состояний в эксклюзивных реакциях заряженного и нейтрального обмена, а также получены экспериментальные ограничения сверху на сечения фоторождения состояний  $X(3872)$ ,  $Z_c(3900)^\pm$  и  $Z_c(4200)^\pm$ .

В качестве замечаний к представленной диссертации отметим:

- (i) Работа состоит из двух тематически слабо связанных между собой частей, одна из которых посвящена измерению поляризуемости лёгких псевдоскалярных мезонов, а вторая - свойствам тяжёлых чармониеподобных экзотических состояний.

(ii) В качестве одного из важных результатов диссертации автором представлено первое наблюдение сигнала нового чармониеподобного состояния с массой  $3860.4 \pm 10.0$  МэВ и Брейт-Вигнеровской шириной  $< 51$  МэВ, квантовые числа которого отличаются от квантовых чисел известного состояния  $X(3872)$ . Данный результат может представлять большой научный интерес для понимания природы экзотических состояний, однако, пока что он не выглядит достаточно достоверным: на сегодняшний день, автор может констатировать наблюдение сигнала с локальной статистической значимостью 4.1 стандартных отклонения, причём данный сигнал пока не подтверждён другими экспериментами.

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку данной работы. Диссертация А.В. Гуськова представляет собой законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему на высоком научном уровне. Автором проведён цикл измерений характеристик мезонов на установке COMPASS, полученные результаты всесторонне проанализированы. Основные результаты диссертации являются официальными результатами международной коллаборации COMPASS. Они являются значимыми как для дальнейшего развития феноменологических моделей КХД в области низких энергий, так и для проведения новых экспериментальных исследований в этой области.

Диссертационная работа А. В. Гуськова “Изучение структуры и свойств мезонов через их взаимодействие с виртуальными фотонами в эксперименте COMPASS” удовлетворяет всем формальным требованиям, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, установленным в “Положении о присуждении учёных степеней”, утверждённом постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года N 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 года N 335. Алексей Вячеславович Гуськов заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 “Физика атомного ядра и элементарных частиц”.

Материалы докторской диссертации обсуждены и одобрены на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий Научно-Исследовательского Института Ядерной Физики им Д.В.Скобельцына Московского Государственного Университета им М.В.Ломоносова 29.04.2019

Отзыв составил:

Ведущий научный сотрудник НИИЯФ МГУ  
доктор физико-математических наук  
Тел.: 84959395545, [dmitri\\_melikhov@gmx.de](mailto:dmitri_melikhov@gmx.de)

Д.И. Мелихов

Заведующий отделом экспериментальной  
физики высоких энергий НИИЯФ МГУ  
профессор

Э.Э. Боос

Директор НИИЯФ МГУ  
профессор

М.И. Панасюк

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ), 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2, Тел.:(495)9391818 Факс: (495)9390896, Эл. адрес: [info@sinp.msu.ru](mailto:info@sinp.msu.ru) <http://www.sinp.msu.ru/ru>