



«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор Московского
Государственного Университета
имени М.В. Ломоносова
профессор

А.А. Федянин
А.А. Федянин
05.12.2017

О Т З Ы В

ведущей организации Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова о диссертационной работе
Короткова Владислава Александровича «Изучение азимутальных асимметрий в процессах глубоконеупругого рассеяния электронов (позитронов) на протонах и дейтронах в эксперименте ГЕРМЕС и спиновая структура нуклона», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий

Основной целью строительства первого в мире лептон-протонного коллайдера HERA было изучение структуры протона в недоступной для экспериментов на фиксированной мишени области виртуальности обменного бозона, Q^2 , и Бьоркеновской масштабной переменной, x , с помощью коллайдерных детекторов H1 и ZEUS. Коллайдер проработал с 1992 по 2007г. и полностью выполнил свою задачу. Кроме коллайдерных экспериментов на ускорительно-накопительном комплексе HERA проводились специализированные измерения с использованием одного из пучков коллайдера. Так для измерения зависимости результатов от поляризаций спинов сталкивающихся частиц был создан детектор HERMES, проводивший с 1995 по 2007г. измерения взаимодействий пучка электронов (позитронов) с уникальной газовой поляризованной мишенью.

В диссертационной работе В.А. Короткова представлен обширный цикл исследований азимутальных асимметрий и спиновой структуры нуклона на экспериментальной установке HERMES в инклюзивном и полу-инклюзивном глубоко-неупругом рассеянии (ГНР) электронов (позитронов) на водородной или дейтериевой мишенях. При этом хотя бы один из участников взаимодействий был поляризован, электронный (позитронный) пучок — продольно, а ядра мишени — или продольно, или поперечно. Результаты исследований опубликованы в 12 журнальных статьях, из которых 11 являются официальными публикациями коллаборации HERMES. Одно-спиновые азимутальные асимметрии в полу-инклюзивных процессах образования пионов, заряженных каонов и пар $\pi^+\pi^-$ измерены впервые. Структурная функция нуклона g_2 и виртуальная асимметрия A_2 впервые измерены на водородной мишени. Значимых отклонений от нуля одно-спиновых асимметрий в инклюзивном ГНР неполяризованных электронов (позитронов) на поперечно поляризованной водородной мишени, к которым может приводить двух-фотонный обмен, найдено не было; при этом точность их измерения была улучшена на порядок величины по сравнению с предыдущими работами. В диссертации приводится и обсуждается сравнение полученных результатов с последующими измерениями. Результаты диссертации ценны для проводимых и планируемых экспериментов в Российских (ИФВЭ, ОИЯИ) и зарубежных (CERN, JLab) лабораториях. Эти результаты были использованы и будут использоваться в дальнейшем для развития теоретического описания проявлений поляризации сталкивающихся частиц. Таким образом, высокая значимость работы представленной в диссертации для развития физики высоких энергий не вызывает сомнений.

Диссертационная работа оформлена в виде введения, шести глав, заключения и двух приложений с таблицами общим объемом 281 страница текста и 358 ссылок на литературу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и сформулированы цель и научная новизна исследования. Также во введении обоснована практическая значимость работы и обозначен личный вклад автора в полученные результаты.

Первая глава является введением в теорию и феноменологию глубоко-неупругих процессов рассеяния лептонов на нуклонах. Особое внимание уделено описанию структурных функций в терминах функций распределения и фрагментации кварков. Приведены терминология, обозначения и формулы, использованные в анализе экспериментального материала.

Во второй главе описана экспериментальная установка HERMES на ускорительно-накопительном комплексе HERA. Детально описаны конструкция и работа уникальной газовой поляризованной мишени, а также методика идентификации частиц.

Третья глава посвящена поискам проявлений двух-фотонного обмена в одно-спиновых асимметриях в инклюзивном ГНР неполяризованных электронов (позитронов) на поперечно поляризованной водородной мишени. В этой же главе описано измерение виртуальной асимметрии A_2 и структурной функции g_2 . Делается вывод о согласии полученной экспериментальной величины интеграла структурной функции $g_2(x)$ с правилом сумм Буркхардта–Коттингема.

В четвёртой главе представлены результаты измерения азимутальных асимметрий рождения пионов и каонов в полу-инклюзивном ГНР неполяризованных электронов (позитронов) на продольно поляризованных протонах и дейтронах. Показано, что в рассеянии на протонах асимметрии для π^+ и π^0 мезонов близки и значимо отличны от нуля, а асимметрии для π^- мезонов неотличимы от нуля. Для π^+ и π^- мезонов были также извлечены асимметрии при определении направления продольной поляризации водородной мишени по отношению к направлению обменного фотона. В рассеянии на дейтронах ненулевые асимметрии были найдены для пионов всех знаков заряда и K^+ мезонов.

В пятой главе описано измерение азимутальных асимметрий рождения адронов в полу-инклюзивном ГНР продольно поляризованных электронов (позитронов) на неполяризованных протонах. Для π^+ и π^0 мезонов были найдены значимо отличные от нуля асимметрии, а асимметрии для π^- мезонов оказались неотличимы от нуля.

Шестая глава посвящена измерению азимутальных асимметрий рождения адронов в полу-инклюзивном ГНР неполяризованных электронов (позитронов) на поперечно поляризованных протонах. Были измерены асимметрии Коллинза и Сиверса для пионов всех знаков заряда и заряженных каонов. Была также исследована азимутальная асимметрия образования $\pi^+\pi^-$ пар и показано, что знак этой асимметрии не меняет знак в области массы ρ^0 мезона, что предсказывалось некоторыми моделями.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, выносимые на защиту.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Все результаты, выносимые автором на защиту, в полной мере представлены в публикациях указанных в автореферате. Основные результаты диссертации являются официальными результатами международной коллаборации HERMES, что подтверждает их достоверность.

В качестве замечаний к диссертационной работе можно отметить следующее:

1. Во 2-й главе не указан источник информации и неопределённости величин импульсов электронного (позитронного) пучка, представленных в Таблице 2.2.
2. В 3-ей главе на стр. 90 не обсуждается причина и возможное влияние на результаты небольшой, но значимой сдвигки реконструированной величины массы π^0 мезона от её номинального значения.
3. В 4-ой и 5-ых главах для рождения π^+ и π^0 мезонов на протонах были найдены

значимо отличные от нуля асимметрии, а асимметрии для π^- мезонов оказались неотличимы от нуля. В этой связи было бы интересно проанализировать вклад и возможное влияние процессов одно-пионного рождения, поскольку для рождения π^+ и π^0 мезонов на протонах такое рождение возможно ($ep \rightarrow ep\pi^+$, $ep \rightarrow ep\pi^0$), а для π^- мезонов нет канала одно-пионного рождения.

4. В 4-ой и 5-ых главах для фитирования, приведенного на Рисунках 4.6, 4.7 и 5.2, не указаны величины χ^2 и числа степеней свободы (NDF). В 6-ой главе для фитирования, приведенного на стр. 180, 209 и в Таблице 6.1, приведены только отношения χ^2/NDF , что недостаточно для оценки качества фитирования.
5. В 6-ой главе на Рисунке 6.14 видна большая переоценка Монте Карло моделированием вклада K_S^0 мезонов в распределение инвариантных масс пар $\pi^+\pi^-$, но не приведено обсуждения причин и возможного влияния на результаты этого расхождения данных и Монте Карло моделирования.
6. В заключении на стр. 219 пункт 3 основных результатов сформулирован как “Вычислен интеграл ...”, что может быть понято как теоретический результат. Было бы точнее сформулировать этот пункт как “Получена (извлечена, оценена) экспериментальная величина значения интеграла ...”.
7. Нет ссылки на “Particle Data Group”, хотя аббревиатура PDG дважды встречается в тексте без расшифровки.

Отмеченные выше недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы, которая является глубоким и детальным научным исследованием. Автор провёл цикл измерений и всесторонне проанализировал полученные результаты. Совокупность представленных в диссертации результатов можно оценить как новое крупное научное достижение в развитии физики высоких энергий.

По своей актуальности, новизне полученных результатов и важности научных выводов диссертация Короткова В.А. «Изучение азимутальных асимметрий в процессах глубокоэластичного рассеяния электронов (позитронов) на протонах и дейтронах в эксперименте ГЕРМЕС и спиновая структура нуклона» соответствует всем критериям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утверждённом постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 с дополнениями от 21 апреля 2016 год № 335. Коротков Владислав Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.23 — физика высоких энергий.

Отзыв составил: доктор физ-мат. наук
заведующий лабораторией тяжёлых частиц и резонансов
Отдела экспериментальной физики высоких энергий
НИИЯФ МГУ
Тел.: (495)9393568, Эл. адрес: gladilin@sinp.msu.ru



Л.К. Гладилин

Результаты диссертации рассмотрены и одобрены была на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ 13 ноября 2017г.

Заведующий Отдела экспериментальной физики высоких энергий
НИИЯФ МГУ
профессор



Э.Э. Боос

Директор НИИЯФ имени Д.В. Скобельцына
МГУ имени М.В. Ломоносова
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 <http://www.sinp.msu.ru/ru>

Публикации сотрудников НИИЯФ МГУ за последние 5 лет по теме диссертации:

1. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al., "Measurement of high- Q^2 neutral current deep inelastic e^+p scattering cross sections with a longitudinally polarised positron beam at HERA", Phys. Rev. D 87 (2013) 052014.
2. H1 and ZEUS Collaboration; F.D. Aaron et al. "Combination and QCD Analysis of Charm Production Cross Section Measurements in Deep-Inelastic ep Scattering at HERA", Eur. Phys. J. C 73 (2013) 2311.
3. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al., "Measurement of Neutral Current e^+p Cross Sections at High Bjorken x with the ZEUS Detector", Phys. Rev. D 89 (2014) 072007.
4. CDF and D0 Collaborations, T. Aaltonen et al., "Tevatron Constraints on Models of the Higgs Boson with Exotic Spin and Parity Using Decays to Bottom-Antibottom Quark Pairs", Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 151802.
5. D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., "Study of double parton interactions in diphoton + dijet events in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV", Phys. Rev. D 93 (2016) 052008.
6. D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., "Measurement of Spin Correlation between Top and Antitop Quarks Produced in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV", Phys. Lett. B 757 (2016) 199.
7. ATLAS Collaboration, G. Aad et al., "Measurements of spin correlation in top-antitop quark events from proton-proton collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV using the ATLAS detector", Phys. Rev. D90 (2014) 112016.
8. ATLAS Collaboration, G. Aad et al., "Study of the spin and parity of the Higgs boson in diboson decays with the ATLAS detector", Eur. Phys. J. C75 (2015) 476.
9. ATLAS Collaboration, M. Aaboud et al., "Study of hard double-parton scattering in four-jet events in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS experiment", JHEP 1611 (2016) 110.
10. ATLAS Collaboration, M. Aaboud et al., "Measurements of top quark spin observables in $t\bar{t}$ events using dilepton final states in $\sqrt{s} = 8$ TeV pp collisions with the ATLAS detector", JHEP 03 (2017) 113.
11. CMS Collaboration, V. Khachatryan et al., "Constraints on the spin-parity and anomalous HVV couplings of the Higgs boson in proton collisions at 7 and 8 TeV", Phys. Rev. D 92 (2015) 012004.
12. CMS Collaboration, V. Khachatryan et al., "Constraints on parton distribution functions and extraction of the strong coupling constant from the inclusive jet cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV", Eur. Phys. J. C75 (2015) 288.
13. CMS Collaboration, V. Khachatryan et al., "Measurements of $t\bar{t}$ spin correlations and top quark polarization using dilepton final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV", Phys. Rev. D 93 (2016) 052007.
14. CMS Collaboration, A.M. Sirunyan et al., "Measurement of double-differential cross sections for top quark pair production in pp collisions at $\sqrt{s}=8$ TeV and impact on parton distribution functions", Eur. Phys. J. C77 (2017) 459.
15. LHCb Collaboration, R. Aaij et al., "Production of associated Y and open charm hadrons in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV via double parton scattering", JHEP 1607 (2016) 052.