

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 02.1.003.05, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ», ПО ДИССЕРТАЦИИ ГОДИЗОВА АНТОНА АЛЕКСАНДРОВИЧА  
«ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АДРОНОВ ПРИ ВЫСОКИХ  
ЭНЕРГИЯХ В ЭЙКОНАЛЬНОМ ПОДХОДЕ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ТРАЕКТОРИЯМИ  
РЕДЖЕ» НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЗИКО-  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.3.3. — «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ  
ФИЗИКА»

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 21.02.2024 г., № 1

О присуждении Годизову Антону Александровичу, гражданину РФ, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже» по специальности 1.3.3. – «Теоретическая физика» принята к защите 08.11.2023 г., протокол № 4, диссертационным советом 02.1.003.05, созданным на базе Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»), 123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1 (утверждён Приказом Минобрнауки России № 1109/нк от 23.05.2023).

Соискатель Годизов Антон Александрович, дата рождения: 19 апреля 1979 года.

В 2002 г. Годизов А.А. окончил физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Физика» с присвоением квалификации «Физик». Диплом с отличием ДВС № 0499246 выдан 22 января 2002 г.

С 01 апреля 2002 г. по 01 апреля 2005 г. Годизов А.А. обучался в очной аспирантуре Института физики высоких энергий (г. Протвино) по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», по специальности 01.04.02 – «Теоретическая физика». В 2008 г. Годизов А.А. защитил диссертацию «Нелинейность траекторий Редже и дифракция адронов при высоких энергиях» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02. – «Теоретическая физика». Диплом кандидата наук ДКН № 082310 выдан 10 апреля 2009 г.

Диссертационная работа Годизова А.А. «Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже» выполнена в Отделе теоретической физики Института физики высоких энергий имени А.А. Логанова НИЦ «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ).

В период подготовки диссертации Годизов А.А. работал в Отделе теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ в должностях научного и старшего научного сотрудника.

В настоящее время Годизов А.А. работает в Отделе теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ в должности старшего научного сотрудника.

Официальные оппоненты:

- Красников Николай Валерьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Отдела теоретической физики Института ядерных исследований Российской академии наук, г. Москва;

- Селюгин Олег Викторович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории теоретической физики Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна Московской обл.;

- Огороков Виталий Алексеевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор Национального исследовательского ядерного университета «Московский инженерно-физический институт», г. Москва.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником Отдела теоретической физики высоких энергий, доктором физико-математических наук, профессором Савриным В.И., директором НИИЯФ МГУ, профессором, членом-корреспондентом РАН Боосом Э.Э., и утверждённом проректором МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором физико-математических наук, профессором Федяниным А.А., указала, что тема представленной диссертационной работы является весьма актуальной. Мягкие дифракционные процессы относятся к непертурбативному сектору адронной физики высоких энергий. В последние годы интерес

к изучению таких процессов со стороны научного сообщества значительно возрос. Исследования дифракционных процессов проводятся крупнейшими коллаборациями, работающими на Большом адронном коллайдере (БАК), такими как CMS, ATLAS, ALICE и LHCb. Изучение дифракционных процессов на коллайдере RHIC составляет часть физической программы коллаборации STAR. Популярность дифракционных исследований связана, в первую очередь, с огромной долей дифракционных событий в полном числе событий, имеющих место в столкновениях адронов при высоких энергиях (более 30% на БАК).

Из наиболее важных научных результатов и достижений, обуславливающих научную новизну диссертационной работы, в отзыве ведущей организации отмечены следующие:

- путём теоретического моделирования экспериментальных угловых распределений упругого рассеяния нуклонов при энергиях столкновения от 10 ГэВ до 13 ТэВ было определено качественное поведение основных характеристик таких переносчиков сильного взаимодействия при высоких энергиях как мягкий померон и f-реджеон;

- была получена оценка эффективного поперечного радиуса нуклона в дифракционном кинематическом режиме;

- в ходе феноменологического анализа данных по глубоко неупругому рассеянию лептонов на протонах была получена оценка интерсепта траектории Редже жёсткого померона – важная характеристика, определяющая рост сечений адрон-адронного рассеяния при сверхвысоких энергиях;

- по результатам моделирования угловых распределений эксклюзивного фоторождения лёгких векторных мезонов на протонах и анализа данных коллаборации BELLE установлен основной кандидат на роль лёгкого тензорного глюбола – резонанс  $f_2(2010)$ ;

- путём решения уравнения Бёте-Солпитера для 4-фермионной функции Грина квантовой хромодинамики (КХД) в лестничном приближении найдена серия интерсептов вторичных траекторий Редже, связанных с пионами и b-мезонами.

В конце отзыва ведущей организации резюмируется: Диссертация Годизова А.А. «Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, установленным в «Положении о

порядке присуждения учёных степеней», утверждённом постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 в его современной редакции, а соискатель Годизов Антон Александрович, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. — теоретическая физика.».

Соискатель имеет 11 публикаций по теме диссертации в ведущих рецензируемых изданиях, индексируемых WoS, Scopus и в действующем Перечне ВАК:

1. A.A. Godizov, Intercepts of meson Regge trajectories in  $SU(N_c)$  quantum chromodynamics with massless quarks, *Phys. Rev. D* 81 (2010) 065009 .
2. A.A. Godizov, A simple model for high-energy nucleon–nucleon elastic diffraction and exclusive diffractive electroproduction of vector mesons on protons, *Phys. Lett. B* 703 (2011) 331 .
3. A.A. Godizov, The hard pomeron intercept and the data on the proton unpolarized structure function, *Nucl. Phys. A* 927 (2014) 36 .
4. A.A. Godizov, Elastic diffractive scattering of nucleons at ultra-high energies, *Phys. Lett. B* 735 (2014) 57 .
5. A.A. Godizov, Effective transverse radius of nucleon in high-energy elastic diffractive scattering, *Eur. Phys. J. C* 75 (2015) 224 .
6. A.A. Godizov, The ground state of the Pomeron and its decays to light mesons and photons, *Eur. Phys. J. C* 76 (2016) 361 .
7. A.A. Godizov, High-energy single diffractive dissociation of nucleons and the 3P-model applicability range, *Nucl. Phys. A* 955 (2016) 228 .
8. A.A. Godizov, Hard pomeron impact on the high-energy elastic scattering of nucleons, *Phys. Rev. D* 96 (2017) 034023 .
9. A.A. Godizov, High-energy central exclusive production of the lightest vacuum resonance related to the soft Pomeron, *Phys. Lett. B* 787 (2018) 188 .
10. A.A. Godizov, Two-Pomeron eikonal approximation for the high-energy elastic diffractive scattering of nucleons, *Phys. Rev. D* 101 (2020) 074028 .
11. A.A. Godizov, High-energy elastic diffractive scattering of nucleons in the framework of the two-Reggeon eikonal approximation (from U-70 to LHC), *Eur. Phys. J. C* 82 (2022) 56 .

На автореферат и диссертацию поступило 3 отзыва. Все отзывы положительные.

1. Отзыв из Московского физико-технического института (Национального исследовательского университета), г. Долгопрудный Московской области, подписан

Киселёвым В.В., доктором физико-математических наук, директором кластера академической и научной карьеры физтех-школы физики и исследований им. Л.Д. Ландау. Содержит 5 замечаний:

- «в автореферате подписи осей на рисунках используют наименования единиц на английском языке вместо русского.»;

- «В описании рисунка 5 имеются сокращения, которые никак не расшифрованы в тексте.»;

- «Качество описания экспериментальных данных в рамках модели, разработанной в диссертации, иллюстрируется на рисунках без указания значений «хи-квадрат на степень свободы», что сделало бы текст автореферата более научно насыщенным, как это, на самом деле, систематически указывается непосредственно в тексте самой диссертации, где качество модели подтверждается таблицами со значениями «хи-квадрат».»;

- «Имеется и артефакт перевода английской терминологии, используемой в оригинальных статьях диссертанта, на русский язык, а именно, термин «подгонка параметров», в отличие от «фитирования данных в модели» обычно используется в случае, когда не ставится задача предсказания характеристик процессов в условиях новых экспериментов, в то время как фитирование как раз подразумевает, что часть данных фиксирует параметры модели, что позволяет описать другие данные и предсказать новые результаты.»;

- «В автореферате не сделан акцент на сравнении оригинальных результатов диссертанта с аналогичными выводами в конкурирующих моделях, что безусловно пошло бы на пользу самой презентации итогов работы диссертанта и не вылилось в скудость списка литературы в автореферате, где перечислены только оригинальные статьи диссертанта.».

2. Отзыв из Института физики высоких энергий имени А.А. Логунова, г. Протвино, подписан Самойленко В.Д., доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Отделения экспериментальной физики. Содержит 2 замечания:

- «Как и во всякой большой работе, в диссертации есть опечатки — например «эксприментальных» (стр. 73), «метолика» (стр. 84), и некоторые стилистические неточности — «...дающим вклад более десяти процентов...» (стр. 27) лучше заменить на «...дающим вклад более 10% », «... нигде не превышает 30-ти процентов...» (стр. 64) — на «...нигде не превышает 30% ... », «... начало 2011-го года...» (стр.14) на — «... начало 2011 г.».»;

- «Досадные неточности допущены при описании рисунков, например подпись к Рис. 9, 10: «Угловые распределения и интегрированные сечения...», но оси рисунков подписаны как  $(-t, d\mathcal{B}/dt)$ ,  $(W, B)$ ».

3. Отзыв из Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва, подписан Барановым С.П., доктором физико-математических наук, высококвалифицированным главным научным сотрудником Отделения ядерной физики и астрофизики. Содержит рекомендацию:

- «Моя рекомендация автору — опубликовать на основе диссертации обзор в научном журнале, например ЭЧАЯ.»

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

- Красников Николай Валерьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Отдела теоретической физики Института ядерных исследований Российской академии наук является экспертом мирового уровня в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц.

- Огороков Виталий Алексеевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор Национального исследовательского ядерного университета «Московский инженерно-физический институт» является ведущим российским специалистом в области ядерной физики и адронной физики высоких энергий.

- Селюгин Олег Викторович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории теоретической физики Объединённого института ядерных исследований является специалистом мирового уровня в применении теории Редже и, в частности, используемого в диссертации Годизова А.А. редже-эйконального подхода к описанию дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях.

- Ведущая организация Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына является известным научно-исследовательским институтом в Российской Федерации в области ядерной физики, физики элементарных частиц и, в частности, адронной физики высоких энергий.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем теоретических исследований разработан последовательный подход к совместному описанию наиболее важных мягких дифракционных процессов адронной физики высоких

энергий в терминах обменов реджеонами, эффективными переносчиками сильного взаимодействия, с использованием существенно нелинейных приближений к траекториям Редже этих частиц.

Наиболее существенные научные результаты, полученные соискателем, состоят в следующем:

1. На основе теоретического анализа значительного массива экспериментальных данных по дифракционным процессам установлено, что в интервале энергий столкновения от 10 ГэВ до 13 ТэВ доминирующие вклады в сильное взаимодействие между лёгкими адронами вносят  $f$ -реджеон и мягкий померон.

2. Определено поведение основных характеристик  $f$ -реджеона и мягкого померона, таких как траектории Редже и соответствующие реджевские форм-факторы лёгких адронов.

3. Определён наиболее вероятный кандидат на роль основного состояния мягкого померона, которое предположительно относится к классу тензорных «глюоболов» — ещё не открытому виду адронов со спином 2, состоящих преимущественно из глюонной материи.

4. Впервые получена корректная оценка эффективного поперечного радиуса нуклона, связанного с обменом мягким помероном — основным переносчиком сильного взаимодействия при энергиях столкновения от 0.5 до 14 ТэВ.

5. В рамках проблемы спектра масс лёгких мезонов вычислена серия интерсептов мезонных траекторий Редже, связанных с пионами и  $b$ -мезонами, путём решения уравнения Бёте-Солпитера для 4-фермионной функции Грина квантовой хромодинамики в лестничном приближении.

Теоретическая значимость исследования заключается в построении единого конструктивного подхода к описанию дифракционных процессов адронной физики высоких энергий с существенно нелинейными траекториями Редже доминирующих переносчиков сильного взаимодействия и корректным асимптотическим поведением реджеонных форм-факторов адронов, обеспечивающим учёт правил кваркового счёта. Представлено корректное обоснование необходимости использования нелинейных приближений к вакуумным траекториям Редже. Развита методика расчёта траекторий Редже, возникающих в квантовой хромодинамике.

Практическая значимость полученных соискателем результатов состоит в том, что предложенные феноменологические модели основных дифракционных процессов адронной физики высоких энергий, таких как упругое рассеяние лёгких адронов на нуклонах, однократная дифракционная диссоциация нуклона, эксклюзивное фоторождение лёгких

векторных мезонов в столкновениях лептонов с протонами, эксклюзивное рождение лёгких скалярных и тензорных мезонов в нуклон-нуклонных столкновениях, обладающие верифицированной предсказательной значимостью, могут быть использованы при планировании будущих экспериментов на адрон-адронных и лептон-адронных коллайдерах.

Достоверность результатов и выводов, полученных в диссертационной работе, подтверждается применением проверенных методов теории Редже, квантовой хромодинамики и математической статистики, согласием представленных теоретических результатов с экспериментальными данными, полученными на адронных ускорителях и коллайдерах, а также апробацией полученных результатов на международных и российских конференциях, публикациями в высокорейтинговых журналах, входящих в базы WoS и Scopus.

Все новые результаты, представленные в диссертации, получены соискателем самостоятельно и опубликованы в ведущих научных журналах без соавторов.

В ходе защиты диссертации соискателю были заданы вопросы и высказаны критические замечания касательно, в первую очередь, отсутствия в диссертации прямого сравнения между подходом, используемым соискателем, и альтернативными теоретическими подходами. Соискатель Годизов А.А. ответил на вопросы и признал необходимость прямого сравнения разных моделей дифракционного взаимодействия адронов, для чего необходимо проделать дополнительную работу, включая плотную коммуникацию с авторами альтернативных подходов.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация А.А. Годизова «Изучение дифракционного взаимодействия адронов при высоких энергиях в эйкональном подходе с нелинейными траекториями Редже», представленная на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. - «Теоретическая физика», представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции).

На заседании 21 февраля 2024 г. диссертационный совет принял решение за разработку последовательного эйконального подхода с нелинейными траекториями Редже к описанию мягких дифракционных процессов в адронной физике высоких энергий



присудить Годизову Антону Александровичу учёную степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.3. — «Теоретическая физика».

При проведении тайного электронного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (в том числе присутствовали удалённо 7 человек), из них 8 докторов наук по специальности диссертации 1.3.3. — «Теоретическая физика», из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал:

за присуждение учёной степени — 18,

против присуждения учёной степени — 0,

не голосовали — 0.

Протокол о результатах тайного электронного голосования утверждён открытым голосованием — единогласно.

Председатель  
диссертационного совета д.ф.-м.н.

Учёный секретарь  
диссертационного совета, д.ф.-м.н., доц.



*[Handwritten signature]*

*Б.Ю.Е*

В.Ю. Егорычев

А.Л. Барabanов

21.02.2024