

Утверждаю

Директор НИЦ "Курчатовский институт"- ИФВЭ

С.В.Иванов

2018 г.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий им. А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация "Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже-эйкональном подходе" выполнена в Отделе теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» — ИФВЭ. В период подготовки диссертации соискатель Рютин Роман Анатольевич работал в НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ в должности старшего научного сотрудника.

10 октября 2018 года на семинаре Отдела теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ состоялась апробация диссертации Рютина Р.А. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности теоретическая физика 01.04.02. По итогам обсуждения на заседании семинара Отдела теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ принято следующее заключение:

Диссертационная работа по теме "Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже-эйкональном подходе" выполнена на высоком научном уровне при непосредственном участии соискателя.

Научная новизна и практическая значимость работы:

В свете проблем, стоящих перед дифракционной физикой, результаты, полученные в данной диссертационной работе, действительно практичны и востребованы в научном сообществе. Детальная разработка схемы расчета процессов ЭРВМ и ЭДЦР проведена с общей точки зрения, не привязываясь к определенной модели. И только потом применена в Редже-эйкональном подходе. Это дало возможность рассмотреть фундаментальные вещи, которые относятся не к конкретной модели, а к свойствам исследуемых процессов и составляющих их структур. Цель исследований - максимально отделить модельные предположения от получаемых экспериментальных результатов, что является в физике высоких энергий одной из самых сложных задач. До этого авторы проводили исследования только в рамках какого-то одного, узкого подхода, что лишало их возможности проследить модельную зависимость предсказаний.

В диссертационной работе впервые получены сечения процессов, которые было раньше невозможно получить прямыми методами. Это касается, например, сечений пион-протонного рассеяния при энергиях в несколько ТэВ. Это произошло благодаря разработке и усовершенствованию метода непрямого извлечения адронных сечений из процессов перезарядки. К тому же проведена детальная разработка эксперимента, который планируется осуществить на БАК. Результатом этого эксперимента будут значения адронных сечений в неисследованных областях по энергии. Метод успешно протестирован на данных эксперимента LHCf.

В работе приведена полная методика расчета реджезованных амплитуд для различных спиновых состояний, которая используется для извлечения Померон-протонных сечений. Строго доказаны

следствия предположения о сохраняющихся токах и их влияние на извлеченные сечения. Такие исследования до этого не проводились, и могут быть в дальнейшем использованы для дальнейших предсказаний. Основным плюсом данного подхода является «прозрачность» математической модели и её следствий для наблюдаемых фундаментальных величин.

Приведено также описание программ численного моделирования исследованных процессов. Написание таких программ – достаточно сложный и длительный процесс. Тем не менее удалось это сделать и провести сам процесс моделирования, включающий детекторы БАК. Результаты моделирования приводятся в диссертации.

В диссертационной работе получены следующие результаты:

- Детально разработан общий подход к описанию процессов эксклюзивного дифракционного центрального рождения. В рамках подхода с применением редже-эйкональной модели описаны данные экспериментов с ускорителями HERA (DESY) и TeVatron. Получены параметры модели для дальнейших предсказаний.
- Получены предсказания (полные и дифференциальные сечения) для процессов ЭДЦР на БАК с рождением бозона Хиггса, гравитонов, двух струй, двух гамма-квантов, тяжелых кваркониев.
- Получены предсказания для процессов ЭРВМ на БАК с рождением  $J/\Psi$  и  $\Upsilon$  мезонов. Проведено сравнение с последними данными коллаборации LHCb.
- Подробно разработан тензорный подход в реджевских моделях с произвольным спином. Получен общий вид распределений по азимутальному углу для рождения резонансов в ЭДЦР со спином 0,1,2. Распределения использованы для нормировки на данные коллаборации WA102. Основываясь на этом подходе, сделаны предсказания полярных и азимутальных распределений для ЭДЦР на БАК.
- Детально разработана модель одиночной и двойной перезарядки (с рождением лидирующих нейтронов). Проведен полный анализ данных по процессам с рождением лидирующих нейтронов с предыдущих экспериментов (HERA, ISR, RHIC STAR) в рамках разработанной модели.
- Разработана методика (с минимальными модельными предположениями) извлечения пион-протонных и пион-пионных сечений из данных по экспериментам с рождением лидирующих нейтронов.
- Детально разработана постановка эксперимента по извлечению пион-протонных и пион-пионных сечений на БАК. Проведено численное моделирование для данного эксперимента с участием детекторов ZDC (Zero Degree Calorimeter) коллаборации CMS.
- На основе новейших данных коллаборации БАК LHCf, при использовании методики извлечения сечений, впервые в мире получены сечения пион-протонного рассеяния для энергий в области 1-3 ТэВ. Проведено сравнение с имеющимися моделями для пион-протонных сечений.
- Детально исследованы процессы одиночной и двойной дифракционной диссоциации. На основе точного тензорного анализа в реджевском подходе с сохраняющимися токами получены выражения для дифференциальных сечений данных процессов. На основе методики извлечения сечений и экспериментальных данных CDF и TOTEM по процессам ОДД и ДДД получены оценки Померон-протонных сечений при разных модельных предположениях.
- Написаны программы Монте-карло моделирования процессов ЭДЦР (EDDE), перезарядки (MonChER) и общий генератор эксклюзивных дифракционных процессов ExDiff, который может моделировать любые эксклюзивные процессы типа  $2$  в  $2$ ,  $2$  в  $3$  и  $2$  в  $4$ .

Теоретическая часть работы представлена в диссертации в надлежащем объеме. Тематика работы полностью соответствует специальности «теоретическая физика». Диссертация "Дифракционные процессы эксклюзивного центрального рождения, диссоциации и перезарядки в Редже-эйкональном подходе" Рютина Романа Анатольевича рекомендуется к защите на

соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Заключение принято на заседании семинара Отдела теоретической физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ. Присутствовало на семинаре 26 человек, среди них 19 докторов и 7 кандидатов физико-математических наук. Результаты голосования: «За» - 26 человек, «Против» - 0 человек, «воздержались» - 0 человек, протокол N 10/18 от 10 октября 2018 года.

Основные научные результаты, включенные в диссертацию, содержатся в следующих публикациях:

1. R.A. Ryutin, Visualizations of exclusive central diffraction, Eur. Phys. J. C 74 (2014) 3162.
2. V.A. Petrov, R.A. Ryutin, Patterns of the exclusive double diffraction, J. Phys. G 35 (2008) 065004.
3. V. Petrov, R. Ryutin and A. Sobol, LHC as  $\pi p$  and  $\pi\pi$  Collider, Eur. Phys. J. C 65 (2010) 637.
4. A. Sobol, R. Ryutin, V. Petrov, M. Murray, Elastic  $\pi^+ p$  and  $\pi^+ \pi^+$  scattering at LHC, Eur. Phys. J. C 69 (2010) 641.
5. V.A. Petrov, R.A. Ryutin, A.E. Sobol, M.J. Murray, Can We Get Deeper Inside the Pion at the LHC?, Eur. Phys. J. C 72 (2012) 1886.
6. R.A. Ryutin, Total pion–proton cross section from the new LHCf data on leading neutrons spectra, Eur. Phys. J. C 77 (2017) 114; Erratum: Eur. Phys. J. C 77 (2017) 843.
7. V.A. Petrov and R.A. Ryutin, Single and double diffractive dissociation and the problem of extraction of the proton–Pomeron cross-section, Int. J. Mod. Phys. A 31 (2016) 1650049.
8. V.A. Petrov and R.A. Ryutin, High-energy scattering versus static QCD strings, Mod. Phys. Lett. A 30 (2015) 1550081.
9. R.A. Ryutin, Exclusive Double Diffractive Events: general framework and prospects, Eur. Phys. J. C 73 (2013) 2443.
10. R.A. Ryutin, V.A. Petrov and A.E. Sobol, Towards Extraction of  $\pi^+ p$  and  $\pi^+ \pi^+$  cross-sections from Charge Exchange Processes at the LHC, Eur. Phys. J. C 71 (2011) 1667.
11. R.A. Ryutin, Investigation of diffractive processes with the CMS detector: New results, Phys. Atom. Nucl. 73 (2010) 1956; Yad. Fiz. 73 (2010) 2009.
12. A.V. Kisselev, V.A. Petrov and R.A. Ryutin, 5-dimensional quantum gravity effects in exclusive double diffractive events, Phys. Lett. B 630 (2005) 100.
13. V.A. Petrov, R.A. Ryutin, A.E. Sobol and J.-P. Guillaud, Azimuthal angular distributions in EDDE as spin-parity analyser and glueball filter for LHC, JHEP 0506 (2005) 007.
14. V.A. Petrov, R.A. Ryutin and A.V. Prokudin, From the exclusive photoproduction of heavy quarkonia at HERA

Секретарь семинара ОТФ НИЦ  
«Курчатовский институт» - ИФВЭ  
доктор физико-математических наук  
главный научный сотрудник

Ю.М. Зиновьев