

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 09 декабря 2024 г. № 7

О присуждении Иванову Кириллу Максимовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Спектроскопия прелестно-странных E_b барионов в эксперименте CMS» по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий» принята к защите 08 октября 2024 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.262.03, созданным 18 октября 2023 года приказом № 1973/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Иванов Кирилл Максимович, 17 марта 1998 года рождения, в 2022 году окончил Физтех-школу физики и исследований им. Ландау федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ) по направлению подготовки «Прикладные математика и физика». С 2022 г. по настоящее время обучается в МФТИ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре «Физические науки». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2024 году.

В период подготовки диссертации с 2022 г. по настоящее время соискатель Иванов Кирилл Максимович работает в лаборатории физики высоких энергий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» в должности младшего научного сотрудника. С 2024 г. по настоящее время работает по совместительству в должности высококвалифицированного

младшего научного сотрудника в лаборатории тяжелых кварков и лептонов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

Диссертационная работа К.М. Иванова выполнена в лаборатории физики высоких энергий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Чистов Руслан Николаевич, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории тяжелых кварков и лептонов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН).

Официальные оппоненты:

1. Соколов Анатолий Александрович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отделения экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова НИЦ «Курчатовский институт» (г. Протвино)
2. Горелов Игорь Владимирович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН), город Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук Гармашем Алексеем Юрьевичем, ведущим научным сотрудником лаборатории 3-3 ИЯФ СО РАН, кандидатом физико-математических наук Резниченко Алексеем Викторовичем, учёным секретарём ИЯФ СО РАН, и утверждённом доктором физико-математических наук, академиком Логачевым Павлом Владимировичем, директором ИЯФ СО РАН, указала, что диссертация выполнена на высоком уровне и удовлетворяет всем требованиям, изложенным в Положении о присуждении учёных степеней, утверждённом постановлением Правительства Российской

Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них 2 являются статьями коллаборации CMS в рецензируемых международных журналах, входящих в базы Web of Science и Scopus [1-2], 1 опубликована в рецензируемом журнале, индексируемом базой RSCI [3], 2 работы напечатаны в сборниках трудов конференций [4-5], причем работа [4] индексируется в базе Scopus.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем К.М. Ивановым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. A.M. Sirunyan, ..., K. Ivanov, R. Chistov et al. (CMS Collaboration), Observation of a new excited beauty strange baryon decaying to $\Xi_b \pi^+ \pi^-$ // Phys. Rev. Lett. – 2021. – Vol. 126. – P. 252003, DOI: 10.1103/PhysRevLett.126.252003.
2. A. Hayrapetyan, ..., K. Ivanov, R. Chistov et al. (CMS Collaboration), Observation of the $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S) \Xi^-$ decay and studies of the Ξ_b^{*0} baryon in proton-proton collisions at $\sqrt{s}$ TeV // Phys. Rev. D. – 2024. – Vol. 110. – P. 012002, DOI: 10.1103/PhysRevD.110.012002.
3. К. М. Иванов. Изучение спектроскопии Ξ_b барионов в эксперименте CMS // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2024. – Т. 51, № 8. – С. 34–42.
4. K. Ivanov on behalf of the CMS Collaboration, Recent B-physics results from CMS // Proceedings of the 55th Rencontres de Moriond - 2021 Electroweak Interactions and Unified Theories, EW 2021. – 2021. – Pp. 177–182. – URL: https://moriond.in2p3.fr/2021/download/proceedings_ew_2021.pdf.
5. Иванов К.М. Обнаружение нового возбужденного $\Xi_b(6100)^-$ бариона в распаде на $\Xi_b^- \pi^+ \pi^-$ в эксперименте CMS // Труды 64-й Всероссийской научной конференции МФТИ. – 2022. – С. 93–95. – URL: https://mipt.ru/priority2030/info/64%20науч%20конф%20ЛФИ_1.pdf.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области спектроскопии тяжелых адронов, а ведущей организации – её репутацией

признанного научного центра, проводящего экспериментальные исследования в области спектроскопии тяжелых адронов.

Диссертация Иванова К.М. посвящена детальному изучению спектроскопии прелестно-странных Ξ_b барионов, их свойств и распадов. Работа проводилась с использованием экспериментальных данных, набранных детектором CMS на Большом адронном коллайдере в 2016-2018 годах в протон-протонных столкновениях с энергией в системе центра инерции $\sqrt{s} = 13$ ТэВ.

Актуальность работы обусловлена ее важностью для развития спектроскопии тяжелых адронов. Проведение экспериментального изучения свойств прелестных барионов и их возбужденных состояний (резонансов) представляется важным для проверки предсказания различных теоретических моделей квантовой хромодинамики и эффективной теории тяжелого кварка (HQET). В настоящее время информация о свойствах прелестных барионов с коллайдерных экспериментов довольно ограничена, при этом основные надежды по новым результатам возлагаются на детекторы БАК (в первую очередь — LHCb и CMS), которые за время своей работы сообщили об обнаружении 19 новых состояний прелестных барионов. В частности, в эксперименте CMS, несмотря на отсутствие системы идентификации заряженных адронов, благодаря хорошей работе трековой и мюонных систем возможно проводить высокоуровневые исследования прелестной физики с участием димюонных распадов чармония, что и выполнено в рамках обсуждаемой диссертации. Таким образом, тема работы К.М. Иванова по изучению спектроскопии прелестно-странных Ξ_b барионов в эксперименте CMS, безусловно, является актуальной.

На основании выполненных соискателем исследований были получены и вынесены на защиту следующие результаты:

1. Первое в мире обнаружение нового распада $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S)\Xi^-$.
2. Измерение вероятности распада $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S)\Xi^-$ относительного нормировочного канала $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi\Xi^-$.
3. Восстановление распада $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi\Lambda K^-$. Это является подтверждением существования этого канала, ранее обнаруженного экспериментом LHCb.
4. Разработка методов и алгоритмов восстановления Ξ_b резонансов, распадающихся на $\Xi_b^- \pi^+$ и $\Xi_b^- \pi^+ \pi^-$. Разработка метода учета частичного-восстановленного распада $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi \Sigma^0 K^-$ ($\Sigma^0 \rightarrow \Lambda \gamma$). Разработка

процедуры одновременной аппроксимации сигналов Ξ_b^{*0} и Ξ_b^{*-} с использованием распадов $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi \Xi^-$, $\psi(2S) \Xi^-$, $J/\psi \Lambda K^-$, $J/\psi \Sigma^0 K^-$.

5. Измерение разницы масс $M(\Xi_b^{*0}) - M(\Xi_b^-) - m_{\pi^+}^{PDG}$ и естественной ширины Ξ_b^{*0} бариона в распаде $\Xi_b^{*0} \rightarrow \Xi_b^- \pi^+$ (где $m_{\pi^+}^{PDG}$ означает известную массу пиона), а также измерение отношения сечений рождения Ξ_b^{*0} и Ξ_b^- барионов в протон-протонных столкновениях в доступных для CMS областях по p_T и η .

6. Первое в мире обнаружение нового возбужденного $\Xi_b(6100)^-$ бариона в распаде на $\Xi_b^- \pi^+ \pi^-$.

7. Измерение разницы масс $M(\Xi_b(6100)^-) - M(\Xi_b^-) - 2 \cdot m_{\pi^\pm}^{PDG}$, а также вычисление верхнего предела на естественную ширину $\Xi_b(6100)^-$ бариона.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что:

- Впервые в мире обнаружен новый прелестно-странный $\Xi_b(6100)^-$ барион и измерены его свойства.
- Впервые в мире обнаружен новый распад $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S) \Xi^-$ и измерена его вероятность относительно ранее известного распада $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi \Xi^-$
- Впервые на данных 2016-2018 годов эксперимента CMS выполнено измерение свойств Ξ_b^{*0} бариона с точностью, многократно превышающей предыдущие измерения коллаборации CMS, причем отношение сечений Ξ_b^{*0} и Ξ_b^- барионов измерено впервые в рамках этого эксперимента.
- Впервые проведено независимое подтверждение существования распада $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi \Lambda K^-$, ранее обнаруженного экспериментом LHCb.

Достоверность результатов основывается на том, что обнаружение нового возбужденного $\Xi_b(6100)^-$ бариона в 2023 году было независимо подтверждено коллаборацией LHCb, причем параметры резонанса, измеренные на LHCb с большой точностью, находятся в согласии с измерениями, представленными в диссертационной работе. Также с работой согласуются теоретические предсказания для возможных параметров Ξ_b^{*-} бариона. Измеренная относительная вероятность нового распада $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S) \Xi^-$ находится в согласии с аналогичными для других прелестных адронов, что свидетельствует о достоверности обнаруженного распада. Кроме

того, корректность полученных результатов и алгоритмов восстановления демонстрируется в том числе согласием массы Ξ_b^- бариона, измеренной в различных модах распада этой частицы, с мировым средним для этой величины. Наконец, выполненные измерения параметров Ξ_b^{*0} бариона (разница масс $M(\Xi_b^{*0}) - M(\Xi_b^-) - m_{\pi^+}^{PDG}$, естественная ширина, относительное сечение рождения) также находятся в согласии с предыдущими результатами экспериментов CMS и LHCb.

Научное значение полученных соискателем результатов исследования состоит в первом в мире обнаружении резонанса, совместимого с гипотезой орбитального возбуждения Ξ_b^- бариона. Этот результат находится в согласии с аналогичными для очарованных Ξ_c барионов, что является важнейшим подтверждением справедливости кварковой модели и симметрии тяжелых кварков в барионном секторе. Полученное из эксперимента знание свойств $\Xi_b(6100)^-$ бариона позволит уточнить различные теоретические модели КХД и послужит важным шагом для дальнейших предсказаний свойств тяжелых барионов. Впервые обнаруженный распад $\Xi_b^- \rightarrow \psi(2S)\Xi^-$ и измерение его относительной вероятности интересно для лучшего понимания природы слабых распадов b -адронов, в том числе с точки зрения разрешения ранее наблюдаемых расхождений в экспериментальных и теоретических значениях для аналогичных распадов Λ_b^0 бариона. Точное измерение параметров Ξ_b^{*0} , выполненное независимо от эксперимента LHCb, позволит улучшить точность в определении мировых средних для этих величин, что может в дальнейшем опять же быть использованным в теоретических моделях.

Все основные результаты, включенные в диссертацию Иванова К.М., получены лично автором. Постановка задач исследования выполнена совместно с научным руководителем. Обработка и анализ экспериментальных данных выполнены автором самостоятельно. Компьютерные программы, при помощи которых выполнялись реконструкция Ξ_b^- и их резонансов, а также анализ обработанных данных, были созданы или доработаны автором самостоятельно. Статистический анализ данных был выполнен автором также самостоятельно. Кроме того, соискатель также занимался компьютерной генерацией используемых в диссертации наборов моделированных данных методом Монте-Карло. Личный вклад подтверждается в том числе предоставленным в диссертационный совет письмом от спикера коллаборации CMS, в котором указано, что К.М. Иванов является главным автором обеих статей эксперимента CMS (1, 2 из списка выше).

В ходе защиты соискатель Иванов К.М. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 09 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение присудить К.М. Иванову учёную степень кандидата физико-математических наук за решение ряда актуальных научных задач в спектроскопии прелестно-странных E_b барионов.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»), участвовавшие в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени – 12,

против присуждения учёной степени – 0,

недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

академик РАН, д.ф.-м.н.,

профессор

Данилов Михаил Владимирович

Учёный секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н.

Баранов Сергей Павлович

09 декабря 2024 г.