

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.119.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **15.09.2022г. № 14/87**

О присуждении **Дмитриевой Ульяне Александровне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Изучение ультрапериферических столкновений ядер на коллайдерах» по специальности 01.04.16 — Физика атомного ядра и элементарных частиц, принята к защите 30 июня 2022 года протокол № 8/81 диссертационным советом Д002.119.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а., приказ Министерства образования и науки России № 75/нк, от 15 февраля 2013 года.

Соискатель Дмитриева Ульяна Александровна, 1993 года рождения. В 2022 году соискатель освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки «03.06.01 Физика и астрономия», по специальности 01.04.16 — Физика атомного ядра и элементарных частиц (диплом 107724 6411501, выданный 16 июля 2022 г.). В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника Отдела экспериментальной физики ИЯИ РАН.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук, в Отделе экспериментальной физики.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Пшеничнов Игорь Анатольевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, ведущий научный сотрудник Отдела экспериментальной физики.

Официальные оппоненты:

Варламов Владимир Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына, Отдел электромагнитных процессов и взаимодействий атомных ядер, главный научный сотрудник,

Нигматкулов Григорий Александрович, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Офис образовательных программ Отделения ядерной физики и технологий, доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) – в своем положительном заключении, подписанном Малаховым Александром Ивановичем, доктором физико-математических наук, начальником Научно-экспериментального отдела физики тяжелых ионов Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина и утвержденном вице-директором ОИЯИ, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Кекелидзе Владимиром Дмитриевичем,

указала, что работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Дмитриева Ульяна Александровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Соискатель имеет 6 работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Представленные соискателем сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Текст опубликованных работ полностью соответствует тематике диссертации, они написаны либо при решающем участии соискателя, либо им самостоятельно.

Список основных работ, по результатам диссертационного исследования:

1. **Dmitrieva U.**, Pshenichnov I. On the performance of Zero Degree Calorimeters in detecting multinucleon events // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. 2018. V. 906. P. 114–119.

2. **Dmitrieva U.**, Pshenichnov I. On the Detection of Multinucleon Events in Nucleus–Nucleus Collisions with Forward Calorimeters (ZDC) // Bull. Lebedev Phys. Inst.. 2019. V. 46.

3. **Дмитриева У. А.** Электромагнитная диссоциация ^{197}Au на ускорителе NICA // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. 2019. V. 1940301. P. 1–6.

4. Pshenichnov I., **Dmitrieva U.** Electromagnetic interactions of ultrarelativistic nuclei: A challenge for present and future heavy-ion colliders // Acta Phys.Pol. B Proc. Suppl.. 2019. V. 12.

5. Pshenichnov I. A., **Dmitrieva U. A.**, Svetlichnyi A. O. Secondary Nuclei from Peripheral and Ultrapерipheral Collisions of Relativistic Heavy Ions // Bull. of the RAS: Physics. 2020.V. 84. P. 1007–1011.

6. **Dmitrieva U.**, Pshenichnov I. Nuclear resonance fluorescence of ^{208}Pb in heavy-ion colliders // Eur. Phys. J. A. 2021. V. 57.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов и ведущей организации, в которых отмечено, что диссертация обладает внутренним единством, содержит важные физические и методические результаты, имеющие большое научное значение и практическую ценность. Диссертация полностью отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.

Отмечены следующие критические замечания и пожелания:

- Не представлена информация о границах и условиях применимости метода Вайцеккера – Вильямса, используемого для описания ультрапериферических столкновений ядер.

- В разделе 1.3 на стр. 24-25 говорится, что «...по нескольким причинам простой метод определения ... становится менее точным...», однако причины этого не обсуждаются, а рассматриваются далее в тексте следующего раздела 1.4 (стр. 29-33). Было бы уместно, в разделе 1.3 сделать отсылку к разделу 1.4.

- При рассмотрении явления ядерной резонансной флюоресценции (ЯРФ) сделано два предположения, упрощающих вычисления: (1) предполагается, что доминирует процесс прямой ЯРФ, в котором возбужденное состояние распадается исключительно за счет эмиссии фотона с прямым переходом в основное состояние; (2) предполагается изотропное распределение излучаемых вторичных фотонов, независимо от состояния спин-четность возбуждённого уровня. Необходимый комментарий возможных последствий подобных упрощений для полученных результатов отсутствует.

- Результаты моделирования столкновений ядер золота на NICA получены в предположении, что эксперимент MPD будет обладать схожими с экспериментом ALICE на LHC возможностями регистрации вылетающих вперёд нуклонов. Однако, передние адронные калориметры ZDC (ALICE) и FNCal (MPD) различаются по их геометрии и аксептансу, что сказывается на возможности разделять нейтроны и протоны в эксперименте MPD.

- Не приводятся обоснования предположения о равной вероятности регистрации отдельного нуклона для событий с большой и малой множественностью, на котором основывается разработанная комбинаторная модель (P-метод).

- В работе отсутствуют оценки влияния процессов $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$, сопровождающих эмиссию нейтронов в ультрапериферических столкновениях, на выполненные измерения. Нельзя исключить, что некая малая часть лептонов может попадать в электромагнитный калориметр ZEM установки ALICE и имитировать таким образом адронные события, на которые накладывается вето на основе сигналов от ZEM для их отделения от электромагнитных событий.

- Название диссертации является слишком общим. В работе изучены процессы электромагнитной диссоциации ядер и ядерной резонансной флуоресценции, в то время как в ультрапериферических взаимодействиях ядер на коллайдерах наблюдаются также другие процессы, среди которых когерентное рождение частиц на ядрах, например, ρ^0 , J/ψ , рождение частиц в $\gamma\gamma$ столкновениях.

- Большое научное значение полученных диссертантом результатов недостаточно адекватно отражается в тексте, что определенно снижает впечатление о них. Так, в разделе «Степень достоверности и апробация результатов» присутствует информация о конференциях, на которых докладывались результаты диссертации, а информация о степени их достоверности отсутствует, хотя в самом тексте диссертации представлены многочисленные подтверждения достоверности полученных результатов.

- В диссертации и автореферате подробно написаны разделы "Положения, выносимые на защиту" с основными результатами диссертации, которые должны быть выукло представлены в разделах "Заключение". Однако в тексте диссертации в разделе «Заключение» основные результаты теряются в длинных описаниях, а в автореферате в разделе «Заключение», по существу, представлено краткое описание того, что делалось.

- В целом, диссертация написана четким и понятным языком, но не лишена небольшого количества опечаток, грамматических и стилистических ошибок.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией оппонентов и сотрудников ведущей организации и наличием работ высокого научного уровня по близкой тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана теория ядерной резонансной флуоресценции, индуцируемой фотонами Вайцеккера-Вильямса в ультрапериферических столкновениях ядер на коллайдерах LHC и FCC-hh, в рамках которой в аналитическом виде получены дифференциальные распределения фотонов по углам вылета, энергиям и псевдобыстроте, вычислены полные сечения процесса;
- с помощью модели RELDIS вычислены сечения образования вторичных ядер, нейтронов и протонов в результате электромагнитной диссоциации ядер свинца ^{208}Pb в их ультрапериферических столкновениях на LHC и ядер золота ^{197}Au на NICA; показано, что доминирующим каналом электромагнитной диссоциации является образование единственного тяжелого ядра-остатка вместе с эмиссией небольшого количества нейтронов и протонов, посредством регистрации которых можно определить заряд и массу остаточного ядра;
- с помощью модели RELDIS показано, что использование ядер промежуточной массы, например ^{115}In , в столкновениях на коллайдерах LHC и FCC-hh имеет преимущество перед тяжелыми ядрами с точки зрения эффективной нуклон-нуклонной светимости;
- разработана комбинаторная вероятностная модель для учета акцептанса и эффективности регистрации нуклонов от электромагнитной диссоциации ядер в передних адронных калориметрах; получены компактные аналитические выражения, связывающие количества испущенных и зарегистрированных нуклонов отдельно для каждой их множественности в событии;
- разработаны Монте-Карло методы определения эффективности регистрации нуклонов определенной множественности от электромагнитной диссоциации

передними нейтронными и протонными калориметрами ZDC эксперимента ALICE;

- измерены сечения эмиссии нейтронов и протонов от электромагнитной диссоциации с учетом вычисленных поправок на эффективность регистрации нуклонов в ультрапериферических $^{208}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}$ столкновениях в эксперименте ALICE при рекордной на данный момент энергии $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ ТэВ и оценены сечения образования вторичных ядер ^{207}Pb , ^{206}Pb и ^{205}Pb .

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

в рамках разработанной теории ядерной резонансной флуоресценции были получены аналитические выражения, описывающие характеристики процесса ядерной резонансной флуоресценции, индуцированного фотонами Вайцзеккера-Вильямса в ультрапериферических столкновениях ядер на коллайдерах LHC и FCC-hh; такой процесс в столкновениях релятивистских ядер был изучен впервые.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- аналитическая вероятностная модель позволяет учесть ограниченный аксептанс передних адронных калориметров и оценить поправочные коэффициенты на эффективность регистрации нуклонов от ЭМД для любых калориметров с известными характеристиками энергетического разрешения и аксептанса без полного Монте-Карло моделирования экспериментальной установки;
- на примере столкновений ядер свинца Pb и золота Au было показано, что доминирующим каналом электромагнитной диссоциации ядер является образование единственного ядра-остатка, сопровождаемое эмиссией небольшого числа нуклонов, благодаря регистрации которых в большинстве событий такие ядра могут быть однозначно определены.

Таким образом, полученные в диссертации результаты имеют большую практическую ценность и могут быть использованы, в том числе, при подготовке физической программы экспериментов на коллайдере NICA.

Оценка достоверности результатов выявила, что:

- полученные результаты согласуются с результатами других теоретических моделей и экспериментальными данными;
- полученные тремя независимыми методами оценки эффективности передних адронных калориметров установки ALICE согласуются с результатами аналитической вероятностной модели;
- использованы методики измерений и обработки их результатов, успешно применявшиеся в предыдущих работах по ультрапериферическим столкновениям при меньших энергиях столкновений;
- результаты диссертационной работы обсуждались на многочисленных конференциях как международных, так и российских.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов диссертации, выносимых на защиту. Непосредственно автором было выполнено моделирование ультрапериферических столкновений ядер с помощью модели RELDIS, проанализированы полученные результаты и сделаны важные для дальнейшего изучения ультрапериферических столкновений ядер выводы. Теория ядерной резонансной флуоресценции, включая вывод аналитических выражений и написание кода в программной среде ROOT для визуального представления результатов, разработана автором. Для описания спектров энерговыделения в передних адронных калориметрах и их эволюции в зависимости от энергии пучка и аксептанса калориметра разработана аналитическая вероятностная модель, написан код в программной среде ROOT для вычисления поправочных коэффициентов на эффективность регистрации нуклонов и визуального представления результатов. Непосредственно автором разработаны методы вычисления эффективности регистрации нуклонов передними адронными калориметрами ZDC эксперимента ALICE, был выполнен подбор оптимальных входных параметров Монте-Карло моделирования в пакете объектно-ориентированных программ и библиотек AliPhysics, написан код для решения указанных задач. Также автором были усовершенствованы методы анализа экспериментальных данных,

собранных передними адронными калориметрами ZDC эксперимента ALICE, и написан код в программной среде AliPhysics.

На заседании 15 сентября 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Дмитриевой Ульяне Александровне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве **19** человек, из них **7** докторов наук по специальности 01.04.16 — Физика атомного ядра и элементарных частиц, участвовавших в заседании, из **27** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: за - **19**, против - **0**, недействительных бюллетеней - **0**.

Председатель заседания,
заместитель председателя

диссертационного совета Д 002.119.01

доктор физ.-мат. наук

_____ Безруков Л.Б.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.119.01

кандидат физ.-мат. наук

_____ Демидов С.В.

15.09.2022 г.

М.П.