

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Ходжаева Ромазана Ахмеджановича на тему «Структурные характеристики ядер $^{10,11}\text{B}$ во взаимодействиях с лёгкими заряженными частицами при низких энергиях», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05308 – Ядерная физика»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: <u>1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы);</u> 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Исследование взаимодействий дейтронов и α-частиц с изотопами бора являются актуальным направлением, сочетающим фундаментальный интерес и прикладные задачи ядерной физики. Диссертационная работа выполнена как часть более широкого комплекса научных исследований по ряду тематических направлений: BR10965191 «Комплексные исследования по ядерной и радиационной физике, физике высоких энергий и космологии для развития конкурентных технологий» (2021-2023 гг.), ИРН AP14870964 «Исследования процессов взаимодействия протонов и ионов ^{10}B с ядрами ^{11}B для термоядерных и астрофизических приложений» (2022-2024гг.) и BR21881941 «Экспериментальные и теоретические исследования в области высоких и сверхвысоких энергий для решения актуальных задач астрофизики и физики космических лучей» (2023-2025 гг.).
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Выполненное исследование обладает хорошей научной и практической ценностью. Получены новые экспериментальные данные по взаимодействию дейтронов и α-частиц с ядрами ^{10}B и ^{11}B в области низких энергий 7-10 МэВ ранее слабо представленного в мировой практике, особенно в

			контексте широкого углового диапазона измерений. Дифференциальные сечения процессов $^{10}\text{B}(\text{d},\text{d})^{10}\text{B}$, $^{10}\text{B}(\text{d},\text{t})^9\text{B}$, $^{10}\text{B}(\alpha,\alpha)^{10}\text{B}$ и $^{11}\text{B}(\alpha,\alpha)^{11}\text{B}$ существенно расширяют глобальную ядерную базу данных и могут быть включены в международные библиотеки, такие как EXFOR, поддерживаемую МАГАТЭ.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности:	Вклад автора охватывает формулировании ключевых научных проблем, участие в методических подходов и экспериментальных планов, непосредственном выполнении широкого спектра экспериментальных измерений, а также в комплексной обработке полученных экспериментальных данных и их последующей интерпретации в контексте теоретическом моделей.
		1) высокий;	
		2) средний;	
		3) низкий;	
		4) самостоятельности нет.	
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации:	Изучение структуры легких ядер и механизмов их взаимодействия с дейтронами и альфа-частицами остается важной и нерешенной задачей современной ядерной физики и астрофизики. Особый интерес вызывает экзотические явления, такие как нейтронное гало и выраженная кластеризация, выявленные как в нейтроноизбыточных, так и в стабильных ядрах. Для ядер изотопов бора ^{10}B и ^{11}B характерны ярко выраженные кластерные конфигурации, которые существенно влияют на динамику рассеяния и реакции переноса, проявляясь в аномальном росте сечений под большими углами.
		1) обоснована;	
		2) частично обоснована;	
		3) не обоснована.	
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Содержание диссертации в полной мере отражает тему диссертации. Разделы диссертации в последовательном и логическом порядке описывают примененные при проведении данного исследования методы и полученные с их помощью результаты.
		1) отражает;	
		2) частично отражает;	
		3) не отражает.	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Целью данной диссертации является комплексное экспериментальное и теоретическое исследование

		<u>1) соответствуют;</u>	влиянии кластерных структур стабильных изотопов $^{10,11}\text{B}$ на формирование выходов ядерных реакций во взаимодействиях с дейтронами и альфа-частицами при низких энергиях (в диапазоне 7-10 МэВ на нуклон), включая определение спектроскопических характеристик исследуемых ядер путем измерения дифференциальных сечений процессов. Поставленные в диссертации цели и задачи в полном объеме соответствуют теме диссертации и проводимого в ней исследования.
		2) частично соответствуют;	
		3) не соответствуют.	
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Диссертационная работа четыре основных раздела написанных в логической последовательности, где все ее разделы и положения полностью связаны друг с другом. В первом разделе изложены теоретические основы анализа ядерных реакций: оптический потенциал, фолдинг-подход, формализм связанных каналов и искажённых волн. Их применение обеспечивает системное описание взаимодействия лёгких заряженных частиц с ядрами и корректную интерпретацию экспериментальных данных. Во втором разделе представлена экспериментальная часть работы: описаны возможности комплекса на изохронном циклотроне У-150М ИЯФ, система регистрации и идентификации частиц, методы изготовления мишеней и определения их толщин, а также процедуры измерения и обработки энергетических спектров для получения угловых распределений дифференциальных сечений. В третьем разделе приведены результаты измерений дифференциальных сечений реакций $^{10}\text{B}(\text{d,d})^{10}\text{B}$ и $^{10}\text{B}(\text{d,t})^9\text{B}$ при энергии дейтронов 14,5 МэВ. Выполнен поиск параметров межъядерного взаимодействия и определены оптимальные параметры оптических потенциалов,
		<u>1) полностью взаимосвязаны;</u>	
		2) взаимосвязь частичная;	
		3) взаимосвязь отсутствует.	

			использованные для уточнения спектроскопических характеристик. Согласование расчётов с экспериментом проведено с применением пакета FRESKO. В четвёртом разделе рассмотрено взаимодействие α-частиц с ядрами ^{10}B и ^{11}B при энергиях 29 и 40 МэВ соответственно. Проанализированы угловые распределения и энергетическая зависимость сечений рассеяния, оптимизированы параметры потенциалов и уточнены спектроскопические характеристики на основе сопоставления эксперимента с расчётами FRESKO.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Предложенные автором новые решения и алгоритмы аргументированы и обоснованы. В диссертации присутствует критический анализ используемых методов. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с литературными данными других авторов, что дополнительно подтверждает корректность примененного методического подхода и обеспечивает высокую степень достоверности выводов, сделанных в рамках настоящего исследования
		<u>1) критический анализ есть;</u>	
		2) анализ частичный;	
		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	
5.	Принцип научной новизны	4) анализ отсутствует.	
		5.1 Научные результаты и положения являются новыми?	Полученные в диссертационной работе новые результаты расширяют экспериментальную базу данных по низкоэнергетическим ядерным взаимодействиям, прежде всего за счет измерений процессов взаимодействия дейтронов и α-частиц с ядрами ^{10}B и ^{11}B в интервале энергий 7-10 МэВ/нуклон, для которого ранее имелись лишь фрагментарные сведения
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Представленные в диссертационной работе выводы являются новыми и ранее не были получены в
		<u>1) полностью новые;</u>	

		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	предшествующих исследованиях. Материалы диссертационного исследования неоднократно представлялись и обсуждались на нескольких международных научных конференциях и семинарах. Три статьи с главными выводами диссертации опубликованы в журналах (Universe, Physics, Nuclear Physics A) с квартилями Q2–Q3 и с импакт-факторами 2.6.
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	Предложенные в диссертации технические, технологические и экономические решения являются полностью новыми. В работе успешно реализован комплексный подход, включающий прецизионные измерения угловых распределений дифференциальных сечений реакций, поиск оптимальных параметров оптических потенциалов, а также анализ упругих и неупругих процессов и реакций с передачей нуклонов в рамках метода связанных каналов. Следует отметить высокий уровень методической проработки эксперимента и владение автором современными расчетными инструментами, в частности программным комплексом FRESCO.
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы диссертации логично обоснованы и опираются на описанные в работе научные доказательства. Полученные в диссертации результаты имеют хорошее соответствие с имеющимися литературными данными. Автор диссертации были представлены весомые результаты что прошли тщательное рецензирование и были опубликованы в высокорейтинговых, периодических, научных изданиях, индексируемых базами Scopus b Web of Science.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	Положение № 1. Получены новые угловые распределения дифференциальных сечений ядерных процессов $^{10}\text{B}(d,d)^{10}\text{B}$, $^{10}\text{B}(d,t)^9\text{B}$, $^{10}\text{B}(\alpha,\alpha)^{10}\text{B}$ в низкоэнергетическом интервале 7-10 МэВ/нуклон в рамках анализа которых были определены структурные характеристики ядра ^{10}B. 7.1 Положение доказано, полученные экспериментальные сечения были сравнены с литературными данными при близких энергиях, показав хорошее соответствие. 7.2 Положение не является тривиальным так как экспериментальные сечение данных процессов при энергии 7-10 МэВ/нуклон в широком диапазоне углов получено впервые. 7.3 Положение новое и ранее не было получено в данном виде. 7.4 Практическая значимость результатов заключается в их применении при моделировании физических процессов в перспективных ядерно-энергетических установках, включая системы с термоядерным и гибридным управлением. 7.5 Сравнение и достоверность полученных экспериментальных данных в пределах ошибок описано в статьях с применением общепринятых и апробированных экспериментальных методик. Положение № 2. Найдены физически обоснованные параметры оптических потенциалов межъядерного взаимодействия для систем «$d+^{10}\text{B}$» при энергии 14,5 МэВ и «$\alpha+^{10}\text{B}$» при энергии 29 МэВ обеспечивающие согласованное описание экспериментальных данных
		7.1 Доказано ли положение?	
		<u>1) доказано;</u>	
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		<u>2) нет;</u>	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) узкий;	
		2) средний;	
		<u>3) широкий;</u>	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		<u>1) да;</u>	
		2) нет;	

		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	и надёжное извлечение параметров ядерной деформации и спектроскопических факторов. 7.1 Положение подтверждено на основе проведенных расчетов и полученных результатов. 7.2 Положение не является тривиальным, так как опирается на точные расчеты и хорошо зарекомендовавшие себя методики расчетов. 7.3 Положение является новым и ранее не было представлено. 7.4 Определённые параметры оптического и фолдинг-потенциалов для систем «$d+^{10}\text{B}$» и «$\alpha+^{10}\text{B}$» могут использоваться при расчётах упругого рассеяния и реакций передачи в рамках оптической модели, DWBA и метода связанных каналов. Они обеспечивают согласование теории с экспериментом в широкой области энергий и могут применяться для интерпретации новых данных и планирования экспериментов с участием лёгких заряженных частиц. 7.5 Доказано в статьях по теме диссертации. 1) Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Khojayev R., Alimov D., Baimbetova G., Dyachkov V., Zazulin D., Sabidolda A. et al. A Study of Alpha-Particle Scattering on ^{10}B Nuclei at an Energy of 29 MeV. // Universe. – 2024. – Vol. 10. – P.51. 2) Saduyev N., Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Kalikulov O., Khojayev R., Sabidolda A., Issayev, D. Scattering and One Neutron Pick-Up Reaction on a ^{10}B Target with Deuterons at an Energy of 14.5 MeV. // Physics. – 2024. – Vol. 6. – P. 1098–1110. Положение № 3. Установлены параметры квадрупольной деформации ядер ^{10}B ($\beta_2 = 0,7$) и ^{11}B ($\beta_2 = 0,42$), извлеченные из анализа неупругого рассеяния в рамках модели
--	--	--	--

			связанных каналов, уточняющие связь между основными и возбужденными состояниями ядер, подтверждающих коллективный характер их структуры. 7.1 Положение подтверждено на основе проведенных расчетов и полученных результатов. 7.2 Положение не является тривиальным, так как опирается на точные расчеты и хорошо зарекомендовавшие себя методики расчетов. 7.3 Положение является новым и ранее не было представлено. 7.4 Полученные параметры могут использоваться в расчётах в рамках метода связанных каналов и при анализе неупругого рассеяния лёгких заряженных частиц. Они уточняют структурные характеристики ядер ^{10}B и ^{11}B и могут применяться при интерпретации новых экспериментальных данных. 7.5 Доказано в статьях по теме диссертации. 1) Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Khojayeve R., Alimov D., Baimbetova G., Dyachkov V., Zazulin D., Sabidolda A. et al. A Study of Alpha-Particle Scattering on ^{10}B Nuclei at an Energy of 29 MeV. // Universe. – 2024. – Vol. 10. – P.51. 2) Saduyev N., Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Kalikulov O., Khojayeve R., Sabidolda A., Issayev, D. Scattering and One Neutron Pick-Up Reaction on a ^{10}B Target with Deuterons at an Energy of 14.5 MeV. // Physics. – 2024. – Vol. 6. – P. 1098–1110. Положение № 4. Извлечены спектроскопические факторы кластерных конфигураций $^{10}\text{B} \rightarrow ^9\text{B} + n$, $^9\text{B} (3/2^-)$ ($SA = 0,67$), $^9\text{B} (5/2^-)$ ($SA = 0,94$), $^8\text{Be}_{o.c.}$ ($SA = 0,8$) и $^{10}\text{B} \rightarrow ^6\text{Li} + \alpha$ ($SA = 1,4$) учет которых объясняет подъем угловых распределений дифференциальных сечений упругого
--	--	--	---

			рассеяния при обратных углах и обосновывает кластерную структуру исследуемых ядер. 7.1 Положение подтверждено на основе проведенных расчетов и полученных результатов. 7.2 Положение не является тривиальным, так как опирается на точные расчеты и хорошо зарекомендовавшие себя методики расчетов. 7.3 Положение является новым и ранее не было представлено. 7.4 Полученные спектроскопические факторы могут использоваться при расчётах реакций передачи и обменных процессов в рамках DWBA и метода связанных каналов, а также при моделировании кластерных состояний лёгких ядер и интерпретации экспериментальных данных в области больших углов рассеяния. 7.5 Все положения доказаны в выводах основных статей по теме диссертации. 1) Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Khojayeve R., Alimov D., Baimbetova G., Dyachkov V., Zazulin D., Sabidolda A. et al. A Study of Alpha-Particle Scattering on ^{10}B Nuclei at an Energy of 29 MeV. // Universe. – 2024. – Vol. 10. – P.51. 2) Saduyev N., Nassurlla M., Burtebayev N., Sakuta S., Nassurlla M., Kalikulov O., Khojayeve R., Sabidolda A., Issayev, D. Scattering and One Neutron Pick-Up Reaction on a ^{10}B Target with Deuterons at an Energy of 14.5 MeV. // Physics. – 2024. – Vol. 6. – P. 1098–1110.
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Достоверность результатов работы обеспечивается использованием проверенных и широко признанных в мировой научной практике экспериментальных и теоретических методов.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) <u>да;</u>	
		2) нет.	

		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	В экспериментальной части применялась надежная методика регистрации и идентификации частиц – ДЕ-Е методика, продемонстрировавшая высокую эффективность при исследовании ядерных реакций. Теоретическое моделирование проводилось с использованием оптической и фолдинговой моделей, а также метода искаженных волн и связанных каналов, что обеспечивает комплексное описание реакционных механизмов. Численные расчеты выполнены с применением общепринятого в мировой ядерной физике программного комплекса FRESCO, многократно апробированного в задачах подобного класса.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):	Полученные в диссертации выводы, взаимосвязи и использованные модели доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Полученные результаты находятся в хорошем согласии с литературными данными других авторов, что дополнительно подтверждает корректность примененного методического подхода и обеспечивает высокую степень достоверности выводов, сделанных в рамках настоящего исследования
		8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора.	
			Все сделанные в диссертационной работе представленные утверждения в трех разделах были подкреплены ссылками на достоверную и актуальную научную литературу, что подтверждает

			обоснованность представленных в работе утверждений.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	С теоретической точки зрения, полученные результаты важны для уточнения структурных характеристик ядер ^{10}B и ^{11}B и могут быть использованы для верификации и калибровки современных ядерных моделей. Сравнения новых экспериментальных данных с предсказаниями теоретических расчетов позволит повысить точность описания механизмов ядерных взаимодействий и реакций кластерного типа в расширенной области энергий.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Практическая значимость результатов заключается в их применении при моделировании физических процессов в перспективных ядерно-энергетических установках, включая системы с термоядерным и гибридным управлением.
		<u>1) да;</u>	
		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Предложения для практики являются полностью новыми
		<u>1) полностью новые;</u>	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
3) не новые (новыми являются менее 25%).			
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма:	Качество академического письма диссертационной работы находится на высоком уровне. Текст диссертации выстроен логично, четко и научным языком
		<u>1) высокое;</u>	
		2) среднее;	
		3) ниже среднего;	
		4) низкое.	
11.	Замечания к диссертации	Замечаний к диссертационной работе не имеется	

12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Все статьи докторанта по теме исследований были выполнены на высоком уровне и опубликованы в рейтинговых международных научных изданиях. В рамках выполнения диссертационного исследования автором подготовлено 10 научных публикаций. Среди них – 3 статьи опубликованны в рецензируемых зарубежных журналах квартилей Q2–Q3 (Universe (Scopus – 74-ый процентиль, WoS – Q3), Physics (Scopus – 55-ый процентиль, WoS – Q2), Nuclear Physics A(Scopus – 71-ый процентиль, WoS – Q2)) и 2 публикации в материалах международных конференций (Conference Paper), которые входят в международные базы цитирования Scopus и Web of Science, а также 5 публикаций в сборниках материалов международных научных конференций.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	На основании вышеизложенного считаю, что в целом диссертационная работа является завершённым самостоятельным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени Doctor of Philosophy (PhD) по образовательной программе 8D05308 – Ядерная физика, и может быть рекомендована к защите. Считаю, что Ходжаев Ромазан Ахмеджанович заслуживает присуждения искомой степени PhD.

Рецензент:

Кандидат физико-математических наук,

Старший научный сотрудник ЧУ «Nazarbayev University Research Administration»

Д. К. Наурузбаев

Подпись Д. К. Наурузбаева заверяю:

ведущий HR координатор Нурманова Ж. К.

