

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу Самарханова Куаныша Қанатұлы на тему «**Экспериментальное исследование процессов преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения**», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Физика»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергия, передовые материалы и транспорт» по специализированному научному направлению «Атомная энергетика, ядерные технологии и использование атомной энергии».</p> <p>Диссертационная работа выполнена в рамках грантового проекта, финансируемого из государственного бюджета Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на тему «Исследование по созданию квазинепрерывного лазера на р-s-переходе атома инертного газа с возбуждением продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ за 2020-2022 годы (AP08856017).</p> <p>Часть работы выполнена в рамках реализации Республиканской бюджетной программы 036 «Развитие атомных и энергетических проектов» Подпрограммы 105 «Прикладные научные исследования технологического характера в сфере атомной энергетики» мероприятия «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» по теме: «Разработка физических основ вывода энергии из ядерного реактора в виде когерентного оптического излучения», финансируемого из государственного бюджета Министерства энергетики Республики Казахстан (BR09158470).</p>
2.	Важность для	Работа вносит /не вносит существенный вклад в	Важность диссертационной работы хорошо раскрыта и

	науки	науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	<p>соответствует современным научным приоритетам в области физики плазмы и ядерных технологий. Работа вносит существенный вклад в развитие науки, поскольку впервые на экспериментальном уровне обоснована возможность применения ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в качестве эффективного средства возбуждения газовых сред в условиях накачки в активной зоне ядерного реактора. Это направление остаётся слабо исследованным как в отечественной, так и в международной научной литературе, особенно в аспекте взаимодействия продуктов ядерной реакции с инертными газами и образования ядерно-возбуждаемой плазмы. Таким образом, полученные результаты восполняют важный пробел в понимании фундаментальных процессов преобразования ядерной энергии в энергию оптического излучения. В то же время работа имеет и прикладное значение: разработанные экспериментальные подходы и методики могут быть использованы при создании новых ядерно-оптических преобразователей, нейтронно-оптических детекторах в ядерных установках, такие как РГП «НЯЦ РК», РГП «ИЯФ».</p> <p>Таким образом, диссертация обладает высокой степенью научной новизны, демонстрирует междисциплинарный подход и вносит ценный вклад в развитие как фундаментальных представлений, так и прикладных решений в области ядерной физики и физики плазмы.</p>
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий ; 2) Средний; 3) Низкий;	Принцип самостоятельности в диссертационной работе полностью соблюден . Соискатель проявил высокий уровень самостоятельности при выполнении всех этапов исследования – от постановки задач и

		4) Самостоятельности нет	<p>теоретического обоснования до проведения экспериментов и формулирования выводов. Ключевые элементы, подтверждающие высокий уровень самостоятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> • самостоятельно проведённый анализ литературы и постановка цели и задач исследования; • непосредственное участие во всех этапах внереакторных и реакторных экспериментов, включая подготовку оборудования и интерпретацию результатов; • автором проведён анализ и обработка экспериментальных данных, на основе которых сформулированы основные научные выводы диссертационной работы. <p>Таким образом, уровень самостоятельности выполнения диссертации Самархановым К.К. оценивается как высокий.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) Не обоснована. 	<p>Актуальность диссертационной работы полностью обоснована. Исследование направлено на решение междисциплинарных задач на пересечении ядерной физики, оптики и физики низкотемпературной плазмы, что соответствует приоритетным научным направлениям. Соискателем выполнен глубокий анализ современных методов возбуждения газовых сред, выявлены ограничения их применения в условиях интенсивного нейтронного излучения.</p> <p>Научная новизна и значимость работ подтверждаются успешным проведением уникальных экспериментов на исследовательских реакторах ИВГ.1М и ИГР, а также разработкой специализированной экспериментальной установки и методики внутриреакторных исследований. Диссертация демонстрирует четкую логическую структуру, начиная с формулировки целей и задач,</p>

			<p>включая теоретические обоснования, и завершая практическими результатами, полученными в ходе оригинальных экспериментов.</p> <p>Таким образом, принцип внутреннего единства соблюден, а актуальность темы диссертационной работы обоснована в полном объеме.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает 	<p>Содержание диссертации полностью отражает ее тему. Все разделы диссертации логично структурированы и соответствуют заявленной научной проблематике. Пять основных глав посвящены исследованию спектрально-временных характеристик оптического излучения инертных газов, возбуждаемых импульсным пучком быстрых электронов и продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$, что напрямую связано с темой диссертации.</p> <p>Таким образом, содержание диссертации отражает тему диссертации в полном объеме.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют 	<p>Цель и задачи диссертационной работы полностью соответствуют ее теме. Заявленная цель – установление закономерностей формирования излучающих состояний в смесях инертных газов при распылении лития продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ – напрямую связана с тематикой диссертации. Сформулированные соискателем три основные задачи логично вытекают из цели и охватывают ключевые аспекты, необходимые для ее достижения. Таким образом, структура исследования отличается внутренней согласованностью и тематической целостностью.</p> <p>Таким образом, цель и задачи диссертации соответствуют ее теме.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически</p>	<p>Все разделы и положения диссертации полностью</p>

		<p>взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует 	<p>логически взаимосвязаны.</p> <p>Структура работы выстроена последовательно: от постановки цели и задач в обзорной части – к расчётно-теоретическому обоснованию, затем к поэтапному изложению внереакторных и реакторных экспериментов с последующим анализом и интерпретацией результатов. Это свидетельствует о высокой степени логической согласованности всех разделов диссертации и целостности проведённого исследования.</p> <p>Таким образом, диссертация представляет собой целостную и завершённую научную работу, характеризующуюся внутренним единством всех ее разделов.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует. 	<p>Предложенные автором новые решения (методические подходы к исследованию ядерно-возбуждаемой плазмы, образованная при взаимодействии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с газовыми смесями) аргументированы. Соискателем проведено внедрение новых методических подходов к исследованию ядерно-возбуждаемой плазмы, в том числе впервые в реакторных условиях на установках ИВГ.1М и ИГР. Разработанные экспериментальная установка, методика и система оптической регистрации адаптированы к специфике нейтронно-гамма-фона и представляют собой оригинальное техническое решение. Также в работе выполнено сравнение с ранее применяемыми методами, основанными на других ядерных реакциях, таких как ${}^3\text{He}(n,p){}^3\text{H}$, ${}^{10}\text{B}(n,\alpha){}^7\text{Li}$, и ${}^{235}\text{U}(n,f)$, что свидетельствует о наличии критического анализа известных подходов и аргументации преимуществ предложенного способа возбуждения газовых сред.</p>
5.	Принцип	5.1 Научные результаты и положения являются	Научные результаты и положения диссертации являются

<p>научной новизны</p>	<p>новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>полностью новыми. Работа посвящена малоизученному направлению – исследованию процессов прямого преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения в газовых средах, что само по себе является новым подходом. Впервые реализованы эксперименты по люминесценции инертных газов под действием продуктов этой реакции в активной зоне исследовательских реакторов, разработаны оригинальные экспериментальные установки и методики. Достоверность и новизна результатов подтверждается публикациями в рецензируемых научных изданиях.</p>
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Основные выводы диссертации являются полностью новыми. Выводы сформулированы на основе оригинальных расчетно-экспериментальных данных, полученных автором в ходе как внереакторных, так и внутриреакторных исследований. Они опираются на всесторонний анализ спектрально-временных характеристик излучения, возникающего при взаимодействии продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с газовыми смесями, и не заимствованы из ранее опубликованных источников.</p>
	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические и технологические решения, использованные в диссертации, являются полностью новыми и обоснованными. Автором впервые разработаны и реализованы методики проведения экспериментов по возбуждению инертных газов наносекундным электронным пучком, а также оригинальные методики внутриреакторных исследований с использованием продуктов реакции</p>

			${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Эти решения отличаются высокой степенью оригинальности , адаптированы к условиям нейтронно-гамма-облучения, и обладают подтвержденной прикладной значимостью для проведения аналогичных исследований.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Основные выводы диссертационной работы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах и являются достаточно хорошо обоснованными . Они подтверждаются совокупностью экспериментальных данных и расчетных результатов, полученных с использованием современных, валидированных и апробированных методов. В работе прослеживается четкая взаимосвязь между поставленными задачами, методами их решения и сформулированными выводами. Все положения диссертации логично вытекают из результатов исследования, что свидетельствует о высокой степени научной обоснованности .
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да; 2) нет;</p>	<p>На защиту диссертации выносятся три основных положения:</p> <p>1. Разработана и впервые реализована экспериментальная установка и методика проведения внутриреакторных экспериментов на реакторе ИГР для исследования спектрально-временных характеристик излучения газовых смесей, возбуждаемых продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$.</p> <p>Сконструирован специализированный комплекс, включающий газо-вакуумную систему на базе TURBOLAB 90i, интегрированную информационно-измерительную систему, а также облучательное устройство, загружаемую непосредственно в центральный канал активной зоны реактора ИГР.</p> <p>Для регистрации излучения использован современный</p>

	<p>3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) широкий;</p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	<p>диагностический инструментарий: спектрометр QE Pro-Abs, фотодетекторы DET100/AM, PDA10D2, блок фотонного умножения с монохроматором МДР-204, а также осциллографы Tektronix, сопряжённые с программным обеспечением Keithley KickStart.</p> <p>Методика проведения экспериментов в импульсном режиме («Вспышка») включает регламентированный порядок подготовки, синхронизацию с реакторным импульсом и алгоритм сбора и обработки данных, что обеспечивает высокую воспроизводимость и безопасность исследований.</p> <p>7.1 Положение доказано</p> <p>7.2 Положение не является тривиальным</p> <p>7.3 Положение является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Положение доказано в статьях</p> <p>2. Получены новые экспериментальные данные по спектрально-временным характеристикам оптического излучения при распылении лития в инертный газ под воздействием ионизирующего излучения.</p> <p>В серии экспериментов, проводимых с использованием наносекундного ускорителя электронов установлено, что при 650–680 К в спектрах инертных газов появляются характерные линии атомарного лития. Их интенсивность возрастает с повышением температуры. Синхронная регистрация излучения атомов инертного газа и лития показала, что максимум интенсивности наступает через 20–30 нс после воздействия электронного импульса.</p> <p>Во внутрореакторных условиях на реакторе ИГР впервые получены воспроизводимые спектры и временные осциллограммы излучения, возбуждаемого продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$. Надёжно</p>
--	---	--

зафиксированы спектральные линии на длинах волн **750,4 нм (Ar)** и **823 нм (Xe)**, соответствующие эмиссии атомов инертных газов и продуктов взаимодействия.

7.1 Положение доказано

7.2 Положение не является тривиальным

7.3 Положение является новым

7.4 Уровень для применения широкий

7.5 Положение доказано в статьях

3. Выявлены механизмы заселения и дезактивации энергетических уровней на $2p-1s$ переходах атомов инертных газов и определена кинетика плазменных процессов в ядерно-возбуждаемой плазме.

По результатам вне реакторных экспериментов установлено, что начальное заселение возбуждённых уровней атомов лития происходит вследствие поверхностной ионизации, инициируемой взаимодействием подогретой литиевой мишени с метастабильными атомами инертного газа. Дальнейшее возбуждение и эмиссия происходят в объёме газа в результате плазмохимических реакций.

Во внутриреакторных исследованиях были идентифицированы ключевые каналы плазмохимических реакций, включая реакцию Пеннинга как основной механизм заселения возбуждённых состояний атомов лития. Дезактивация нижнего уровня переходов $2p-1s$ инертных газов преимущественно осуществляется за счёт тушения атомами лития. Анализ данных, как вне реакторных, так и реакторных экспериментов позволил выявить общие закономерности возбуждения плазмы при различных типах ионизирующего излучения.

7.1 Положение доказано

			<p>7.2 Положение не является тривиальным</p> <p>7.3 Положение является новым</p> <p>7.4 Уровень для применения широкий</p> <p>7.5 Положение доказано в статьях</p>
8.	<p>Принцип достоверности источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>Выбор методов исследования в диссертационной работе обоснован и подробно описан. Применён комплексный подход, сочетающий физическое моделирование, численные расчёты и прямые измерения, что соответствует поставленным целям и задачам. Метод возбуждения газовой среды продуктами реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ реализован впервые и логично обоснован в рамках концепции исследования. Надёжность результатов обеспечена воспроизводимостью экспериментов, как в внереакторных, так и в реакторных условиях, использованием сертифицированного оборудования, а также многократной верификацией результатов различными независимыми методами (оптическая спектроскопия, временная развертка, масс-спектрометрия и др.).</p> <p>Таким образом, диссертационная работа соответствует принципу достоверности, а представленные сведения и выводы обоснованы, воспроизводимы и опираются на корректные источники научной информации.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>В диссертации применён широкий спектр современных научных методов, включая физическое и численное моделирование. Для расчета тепловых и нейтронных характеристик использовались лицензионные и признанные в научном сообществе программные продукты ANSYS и MCNP, а для расчета длин свободного пробега продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ использовался программный комплекс</p>

			<p>программа LISE++. Обработка экспериментальных данных спектрально-временных характеристик велась с использованием современных лицензионных программных средств OceanView, SpectraSuite и Keithley KickStart, что обеспечивает высокую точность интерпретации и воспроизводимость результатов.</p>
		<p>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): 1) да; 2) нет</p>	<p>Все теоретические положения диссертации прошли экспериментальную проверку. Установлены характерные особенности формирования ядерно-возбуждаемой плазмы при взаимодействии продуктов реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ с инертными газами в условиях реакторного излучения. Эксперименты подтвердили основные каналы заселения и дезактивации энергетических уровней, включая реакции Пеннинга и механизмы тушения излучающих состояний, а также позволили уточнить кинетику и временные характеристики оптического излучения, что подтверждает достоверность выявленных закономерностей.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>В диссертационной работе все ключевые положения и выводы опираются на актуальные и авторитетные источники научной литературы, включая публикации в международных рецензируемых изданиях. Ссылки на современные исследования обеспечивают не только обоснованность выбранных подходов, но и достоверность использованных данных для численного моделирования и интерпретации экспериментальных результатов. Это свидетельствует о высоком уровне проработки теоретической базы исследования.</p>

		8.5 Использованные источники литературы <u>достаточно</u> /не достаточно для литературного обзора	Литературный обзор, представленный в диссертационной работе, базируется на достаточном количестве актуальных и релевантных источников, охватывающих ключевые направления исследования, а также методами спектрально-временной диагностики. Приведённые публикации обеспечивают теоретическую обоснованность исследования , отражают современное состояние научной проблемы и служат надежной основой для построения и реализации экспериментальной части работы.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертационная работа обладает значительным теоретическим значением . Полученные результаты могут быть использованы при разработке и уточнении физических моделей формирования ядерно-возбуждаемой плазмы, а также в более широком контексте – моделирования плазменных процессов , происходящих под действием ионизирующего излучения. Выявленные закономерности, а также описанная кинетика возбужденных состояний инертных газов и лития формируют основу для дальнейших теоретических и аналитических исследований в области ядерной и плазменной физики.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет	Диссертация обладает высокой прикладной ценностью , поскольку разработанные экспериментальные методики, включая специализированную установку, систему оптической регистрации и облучательное устройство с литиевым источником, уже прошли успешную апробацию в условиях реактора ИГР. Эти наработки могут быть адаптированы и применены на других исследовательских и энергетических ядерных установках .

		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Сформулированные в диссертационной работе предложения для практического применения являются полностью новыми. Впервые предложен и реализован новый способ возбуждения газовых сред продуктами ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в условиях реакторного облучения. Разработанные технические решения и методики могут найти применение в разработке лазеров с ядерной накачкой, а также при создании нейтронных детекторов и ядерно-оптических преобразователей. Предложенные подходы обладают потенциалом практического применения в научно-исследовательских учреждениях, работающих в сфере лазеров с ядерной и электронной накачкой.</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Качество академического письма диссертации оценивается как высокое. Работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершенное научно-исследовательское исследование, соответствующее требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени PhD.</p>
11.	Замечания к диссертации	<ul style="list-style-type: none"> - В тексте диссертации требуется дополнительно проверить корректность оформления ссылок на источники. Рекомендуется привести все ссылки в единый формат и соответствие требованиям ГОСТ, что улучшит качество работы и повысит ее научную ценность. - Некоторые рисунки в работе приведены с подписями и обозначениями на английском языке. Необходимо привести все подписи к рисункам и обозначения в соответствие с языком изложения диссертации. - В ряде мест (например, в списке сокращений и в тексте глав) встречаются неоднородности в форматировании аббревиатур и ссылок на источники, которые желательно унифицировать в соответствии с требованиями ГОСТ. - Также, в тексте диссертации имеются отдельные орфографические и пунктуационные ошибки, а также стилистические неточности, которые рекомендуется устранить при окончательном редактировании. <p>Однако, вышеприведенные замечания не снижают научно-практической ценности диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу.</p>	

12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования	Научный уровень публикаций соискателя оценивается как высокий . Опубликованные материалы (5 статей в журналах, индексируемых в базах данных <i>Scopus</i> и/или <i>Web of Science</i> , а также патент на полезную модель) полноценно отражают основные результаты диссертационной работы. Публикации содержат оригинальные или апробированные научные подходы к решению поставленных задач и подтверждают самостоятельность и научную состоятельность автора в выбранной области исследований.
13.	Решение официального рецензента	<p>Диссертационная работа Самарханова Қ.Қ. на тему «Экспериментальное исследование процессов преобразования энергии продуктов ядерной реакции ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ в энергию оптического излучения» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой завершенное самостоятельное научно-исследовательское исследование.</p> <p>Работа соответствует всем требованиям Правил присуждения степеней Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.</p> <p>Учитывая изложенное, считаю, что Самарханов Қуаныш Қанатұлы, несомненно, заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05301 – «Физика».</p>

Официальный рецензент:

доктор физико-математических наук, академик НАН РК при Президенте Республики Казахстан, профессор кафедры плазмы, нанотехнологии и компьютерной физики физико-технического факультета НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби»



Рамазанов Т.С.

Қолын растадым
Подпись заверяю

Шарқарова М.А.

