

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Каспарова Александра Александровича «Моделирование и анализ  
малонуклонных реакций для получения данных о низкоэнергетических  
параметрах NN – взаимодействия»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и  
элементарных частиц

Диссертация Каспарова А.А. посвящена экспериментальной проверке гипотезы о нарушении зарядовой независимости (симметрии) ядерных сил, которая предсказывается современной теорией сильных взаимодействий на основе разности масс и электромагнитных свойств легких  $u$ - и  $d$ - кварков, из которых состоят нуклоны. Для решения указанной проблемы важным являются экспериментальные и теоретические исследования, направленные на прецизионное определение низкоэнергетических характеристик протон-протонных ( $pp$ ) нейтрон-протонных ( $np$ ) и нейтрон-нейтронных ( $nn$ ) взаимодействий. Наиболее информативным проявлением нарушения зарядовой симметрии является возможное различие между длинами  $pp$ - и  $nn$ -рассеяния  $a_{pp}$  и  $a_{nn}$ , которые относятся к фундаментальным характеристикам нуклон-нуклонного (NN) взаимодействия.

К настоящему времени величина  $a_{pp}$  измерена с высокой точностью. При этом разброс в экспериментальных значениях параметра  $a_{nn}$  для системы двух нейтронов составляет практически 100%, что в основном обусловлено отсутствием чисто нейтронных мишеней. При такой неопределенности в длине  $nn$ -рассеяния очень сложно говорить о степени нарушения зарядовой симметрии ядерных сил.

Таким образом, поставленная в диссертации Каспаров А.А. задача получения новых экспериментальных данных о низкоэнергетических параметрах нейтрон-нейтронного взаимодействия является **актуальной**.

Основную **научную ценность** представленной работы составляют результаты измерения энергии виртуального состояния динейтронной

системы и, связанную напрямую с ней, длины  $nn$ -рассеяния. Выполненный автором детальный анализ экспериментальных данных, полученных в реакции  $d + {}^2\text{H} \rightarrow p+p+n+n$  при энергии пучка дейтронов 15 МэВ, показал, что значение энергии виртуального синглетного состояния  $nn$ -системы составляет  $E_{nn} \approx 80$  кэВ. Это **впервые** позволило определить величину нейтрон-нейтронной длины рассеяния в указанной реакции  $a_{nn} \approx -22$  Фм.

**Достоверность** результатов, подтверждается данными сравнительного анализа экспериментального и расчетных распределений, полученных для нескольких значений энергии и ширин виртуального состояния  $nn$ -системы.

Полученные результаты имеют важное **практическое значение** для детального понимания нуклон-нуклонного взаимодействия, что в свою очередь необходимо для развития современных представлений о свойствах ядерных структур и  $NN$  потенциалов.

Методическим **достижением** работы является разработанный автором **новый** подход по определению энергии и ширины виртуального  $nn$ -состояния по форме времяпролетного спектра нейтронов, полученного в исследуемой реакции  $d + {}^2\text{H} \rightarrow p+p+n+n$ . Для этого Каспаров А.А. выполнил большой объем численного моделирования реакций с образованием и распадом динейтрона в промежуточном состоянии. Полученные расчетные результаты позволили для вторичных частиц (включая двухпротонные системы): определить диапазоны регистрируемых энергий и времен пролета, оптимальные углы вылета и надежность идентификации; оптимизировать параметры экспериментальной установки и корректно обработать экспериментальные данные. При этом выполненные расчеты основываются на апробированных кинематических методах и программных средствах, что свидетельствует об **обоснованности** полученных модельных результатов.

К результату, имеющему признаки **приоритетности**, можно отнести реализованную в эксперименте возможность регистрации и идентификации одним  $\Delta E-E$  телескопом двухпротонных событий. Эта часть диссертационной работы, характеризует А.А.Каспарова как

квалифицированного специалиста, хорошо разбирающегося в деталях рассматриваемой экспериментальной задачи.

Оценивая содержание работы в целом, следует сделать ряд **замечаний**.

1. Следовало конкретно указать, в чем преимущество разработанного программного обеспечения перед пакетом программ из библиотеки ЦЕРН.
2. Необходимо было указать значение эффективности отбора двухпротонных событий.
3. При описании установки следовало указать, как контролировалась стабильность спектрометрических и временных трактов.
4. Следовало объяснить, почему в выражении 6.1. не учитываются систематические ошибки и погрешности модельных расчетов.
5. Следовало указать, какому значению эффективного радиуса  $r_{nn}$  для  $nn$ -рассеяния соответствуют полученные результаты.
6. Диссертация содержит ряд неудачных формулировок (например, «*окончательные углы и окончательное моделирование*», стр. 34), а также небольшое число опечаток (например, обозначение рис. 1.1а и 1.1б (стр. 15); Мезонная фабрика SIN, а не SINR (стр. 19)).

Перечисленные замечания не снижают научную и практическую значимость работы. Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК и базы данных Web of Science и Scopus, автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Каспарова А.А. представляет собой **законченную научно-квалификационную работу**, в которой автором на основе выполненных исследований решена **актуальная** задача, имеющая существенное значение для понимания нарушения зарядовой симметрии ядерных сил, что в свою очередь необходимо для тестирования существующих ядерных моделей и лежащих в их основе нуклон-нуклонных потенциалов.

Считаю, что диссертационная работа «Моделирование и анализ малонуклонных реакций для получения данных о низкоэнергетических параметрах NN – взаимодействия» и ее автореферат отвечают требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Каспаров Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент

главный научный сотрудник  
кафедры физика элементарных частиц,  
Национального исследовательского  
ядерного университета «МИФИ»,  
доктор физико-математических наук

Гуров Юрий Борисович

4 сентября 2017 г.

Адрес: 115409, Москва,  
Каширское шоссе, д. 31  
тел.: +7 (916) 966-58-03  
E-mail: [gurov@mephi.ru](mailto:gurov@mephi.ru)

Подпись удостоверяю.  
Заместитель начальника отдела  
документационного обеспечения  
НИЯУ МИФИ

Шашина Т.С.

Гуров Юрий Борисович, доктор физ.-мат. наук

01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Список основных публикаций по теме диссертации:

1. В.А. Chernyshev, Yu.B. Gurov et al., Spectroscopy of the heavy lithium isotopes  $^{10-12}\text{Li}$ . Eur. Phys. J. A, 2013. V. 49. P. 68-77. DOI: 10.1140/epja/i2013-13068-9.
2. Ю.Б. Гуров и др., Исследование высоковозбужденных состояний изотопа  $^8\text{Li}$ . Известия РАН (Сер. физ). 2013. Т.77(4). С.415–419. DOI:10.7868/S0367676513040091.
3. В.А. Chernyshev, Yu.B. Gurov et al., Spectroscopy of the lithium isotopes  $^{7-9}\text{Li}$ . Eur. Phys. J. A. 2014 V. 50. P. 150 (1–7). DOI: 10.1140/epja/i2014-14150-64.
4. Ю.Б. Гуров и др., Поиск экзотической кластерной структуры при поглощении пионов ядром  $^{11}\text{B}$ . Известия РАН (Сер. физ). 2014. Т.78(5). С.537–539. DOI: 10.7868/S0367676514050068
5. А.С. Демьянова, Yu.B. Gurov et al., Spectroscopy of exotic states of  $^{13}\text{C}$ . EPJ Web of Conferences. 2014. V. 66. P. 02027 (1–4). DOI: 10.1051/epjconf/20146602027.
6. В.А. Chernyshev, Yu.B. Gurov et al., Study of the level structure of the lithium isotope  $^{10}\text{Li}$  in stopped pion absorption. Intern. J. Modern Physics E. 2015. V. 24 (1). P. 1550004 (1–9). DOI: 10.1142/S0218301315500044.
7. Ю.Б. Гуров и др., Обнаружение новых состояний изотопа  $^7\text{He}$ . Письма в ЖЭТФ. 2015. Т. 101 (2). С. 73–77. DOI: 10.7868/S0370274X15020010.
8. В.А. Chernyshev, Yu.B. Gurov et al., Search for exotic cluster configurations in  $^{14}\text{C}$  nucleus. Journal of Physics: Conf. Series. 2016. V. 675. P. 022004 (1–4). DOI: 10.1088/1742-6596/675/2/022004.
9. Ю.Б. Гуров и др., Поиск легких нейтронно-избыточных изотопов в реакции поглощения остановившихся пионов. ЯФ. 2016. Т. 79(4). С. 338–346. DOI: 10.7868/S0044002716040127.
10. В.А. Chernyshev, Yu.B. Gurov et al., Study of hydrogen and helium isotopes with  $A=5,6,7$ . Journal of Physics: Conf. Series. 2016. V. 724. P. 012007 (1-7). DOI: 10.1088/1742-6596/724/1/012007.