

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОИЯИ

_____ В.А.Матвеев

29 сентября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации –

Объединенного института ядерных исследований

на диссертацию Каспарова Александра Александровича

«Моделирование и анализ малонуклонных реакций для получения данных о
низкоэнергетических параметрах NN -взаимодействия»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация Каспарова А.А. посвящена моделированию малонуклонных реакций с образованием и развалом виртуальных NN -состояний, получению экспериментальных данных в реакции $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$ и извлечению низкоэнергетических параметров nn -взаимодействия путем сравнения временных спектров развалных нейтронов с результатами моделирования.

Актуальность темы диссертации определяется тем, что получение данных о низкоэнергетических параметрах NN -взаимодействия связано с фундаментальными основами ядерной физики. В частности, это касается природы нейтрон-нейтронных корреляций в малонуклонных системах, отличия взаимодействия различных пар нуклонов и понимание различных механизмов к ним приводящие. Особую роль в этих исследованиях играют низкоэнергетические параметры NN -взаимодействия – длины рассеяния и энергии виртуальных синглетных NN -состояний. Получение новой

информации о низкоэнергетических параметрах NN -систем и анализ полученных данных позволит судить о мере нарушения зарядовой симметрии (НЗС) ядерных сил, а также тестировать существующие ядерные модели и нуклон-нуклонные потенциалы.

Значимость основных результатов.

Полученные значения низкоэнергетических параметров nn -взаимодействия в реакции $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$ являются материалом для тестирования и совершенствования современных ядерных моделей и стимулируют проведение дальнейших исследований для получения длины рассеяния или энергии виртуального pp -состояния в рамках одной методики для исследования эффекта НЗС ядерных сил.

Важную **практическую значимость** имеет разработанный при непосредственном участии автора, программный комплекс для моделирования различных ядерных реакций с тремя и более частицами в конечном состоянии, а также комплекс программ для моделирования параметров экспериментальных установок, который, несомненно, будет полезен для будущих экспериментов. Результаты расчетов реакций могут быть использованы для создания экспериментальных установок для исследования этих реакций.

Важным **достижением** Каспарова А.А. является проведение детального моделирования реакции $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$, в результате которого были определены параметры экспериментальной установки, проведена обработка, анализ и интерпретация полученных экспериментальных данных по определению энергии виртуального синглетного состояния двухнейтронной системы в исследуемой реакции.

Новизна полученных результатов связана с разработкой новых методов и подходов, а также вычислительных программ, кинематического моделирования ядерных реакций с произвольным количеством вторичных частиц. Результаты моделирования ядерных реакций с образованием и развалом NN -состояний, позволили **впервые** обнаружить зависимость формы энергетического спектра развального нуклона от энергии и ширины NN -состояния. В результате сравнения результатов моделирования и экспериментальных данных кинематически полного эксперимента $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$ при энергии пучка дейтронов 15 МэВ, **впервые** получено значение энергии виртуального синглетного состояния nn -системы $E_{nn} = 76 \pm 6$ кэВ. **Достоверность** результатов обусловлена высокой статистической обеспеченностью экспериментальных данных и подтверждается совпадением результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными в реакции $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$ при энергии дейтронов 15 МэВ.

Таким образом, представленные результаты указывают на значительный вклад Каспарова А.А. в разработку методов кинематического анализа экспериментальных данных и экспериментальное определение низкоэнергетических параметров нейтрон-нейтронного взаимодействия в реакции $d + {}^2\text{H} \rightarrow p + p + n + n$.

Замечания

1. Неясно, учитывался ли вклад трехчастичных сил в представленной работе?
2. Некоторые подглавы, например 4.4 «Программа определения времени пролета заряженных и нейтральных частиц» стоило отнести в приложение работы.
3. В работе символ E используется для обозначения различных параметров, что затрудняет понимание представленного материала.
4. Диссертация содержит ряд небольших опечаток, например на стр. 68 указана ссылка на формулу (14), хотя все формулы имеют двойную нумерацию и следует ссылаться на формулу (4.15); на стр. 42 на рис. 3.1 углы вылета дейтронов – отрицательные, а углы вылета нейтронов – положительные, в то же время в таблице 3.1 значения указаны совершенно противоположные.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация Каспарова А.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу и соответствует специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц. **Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации.** Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, удовлетворяющих требованиям ВАК.

Диссертация Каспарова Александра Александровича «Моделирование и анализ малонуклонных реакций для получения данных о низкоэнергетических параметрах NN -взаимодействия» отвечает всем критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация Каспарова А.А. была доложена и обсуждена на семинаре физических секторов Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова Объединенного института ядерных исследований 13 июня 2017 года, по результатам которого был составлен данный отзыв.

Отзыв составил:

Начальник сектора исследования реакций, вызываемых пучками радиоактивных и стабильных ядер ЛЯР ОИЯИ,
д.ф-м.н., профессор,

Ю.Э.Пенионжкевич

тел.: 7 (496)-216-5932

e-mail: pyuer@jinr.ru

Подпись Ю.Э. Пенионжкевича заверяю,

Ученый секретарь ЛЯР ОИЯИ

А.В.Карпов

Сведения о ведущей организации:

Объединенный институт ядерных исследований.

Адрес: 141980 Дубна, Московская область, ул. Жолио-Кюри 6.

Объединенный институт ядерных исследований.

Адрес: 141980, г. Дубна, Московская область, ул. Жолио-Кюри 6.

Тел.: +7 (49621) 6-50-59

Электронный адрес: post@jinr.ru

Список публикаций сотрудников института по теме диссертации:

1). G. D. Kabdrakhimova, Yu. G. Sobolev, I. N. Kuhtina, K. A. Kuterbekov, K. O. Mendibaev, and Yu. E. Penionzhkevich. Investigation of Total Cross Sections for Reactions Induced by ${}^6\text{He}$ Interaction with Silicon Nuclei at Energies between 5 and 50 MeV/A. *Physics of Atomic Nuclei*, 2017, V.80, №1, p.32–37

2). S. M. Lukyanov, M. N. Harakeh, M. A. Naumenko, Yi Xu, W. H. Trzaska, V. Burjan, V. Kroha, J. Mrazek, V. Glagolev, S. Piskor, E. I. Voskoboynik, S. V. Khlebnikov, Yu. E. Penionzhkevich, N. K. Skobelev, Yu. G. Sobolev, et al. Cluster Structure of ${}^9\text{Be}$ from ${}^3\text{He}+{}^9\text{Be}$ Reaction. *Journal of Physics Conference Series*, 2016, V.724, №1, p.012031-012037

3). A.G. Artukh , S.A.Klygin, G. A. Kononenko , D. A. Kyslukha, S.M. Lukyanov , T. I.Mikhailova , Yu.Ts.Oganessian, Yu. E. Penionzhkevich , Yu.M. Sereda , A. N. Vorontsov , B. Erdemc et al. RADIOACTIVE NUCLEAR BEAMS OF COMBAS FACILITY. *Physics of Particles and Nuclei*, 2016, V.47, №1, p.49-72

4). B. Erdemchimeg, A. G. Artukh, S. Davaa, S. A. Klygin, G. A. Kononenko, G. Khuukhenkhuu, D. A. Kyslukha, S. M. Lukyanov, T. I. Mikhailova, Yu. M. Sereda, Yu. E. Penionzhkevich, et al. TOTAL REACTION CROSS SECTIONS MEASUREMENT FOR ${}^{6,8}\text{He}$ AND ${}^{8,9}\text{Li}$ NUCLEI WITH ENERGIES OF (25–45)/A MeV ON ${}^{\text{nat}}\text{Al}$ AND ${}^{\text{nat}}\text{Pb}$. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 2016, V.80, №3, p.223-226

5). S. M. Lukyanov, M. N. Harakeh, M. A. Naumenko, Yi Xu, W. H. Trzaska, V. Burjan, V. Kroha, J. Mrazek, V. Glagolev, S. Piskor, E. I. Voskoboynik, S. V. Khlebnikov, Yu. E. Penionzhkev, et al. Some insights into cluster structure of ${}^9\text{Be}$ from ${}^3\text{He} + {}^9\text{Be}$ reaction. *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 2015, V.5, p.265-273

6). S.M. Lukyanov, A.S. Denikin, E.I. Voskoboynik, S.V. Khlebnikov, M.N. Harakeh, V.A. Maslov, Yu.E. Penionzhkevich, Yu.G. Sobolev, W.H. Trzaska, G.P. Tyurin and K.A. Kuterbekov. Study of internal structures of ${}^{9,10}\text{Be}$ and ${}^{10}\text{B}$ in scattering of ${}^4\text{He}$ from ${}^9\text{Be}$. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys*, 2014, V.41, p.035102

7) S.I. Sidorchuk, A.A. Bezbach, V. Chudoba, A.S. Fomichev, M.S. Golovkov, G. Kaminski, S.A. Krupko, Yu.Ts. Oganessian, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, G.M. Ter-Akopian, et al. ${}^{10}\text{He}$ low-lying states structure uncovered by correlations, *Physical Review Letters*, 2012, V.108, p.202502(1-5)