

О Т З Ы В

официального оппонента

на диссертационную работу Мазура Игоря Александровича

"Исследование резонансных ядерных процессов в микроскопических подходах с использованием осцилляторного базиса"

по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

В настоящее время известны эффективные *ab initio* подходы описания связанных состояний квантовых систем, состоящих из нескольких частиц, однако развитие *ab initio* подходов для состояний непрерывного спектра для систем, состоящих из более чем четырех частиц заметно отстает. Задача микроскопического описания состояний непрерывного спектра ядерных систем на основе информации о реалистическом межнуклонном взаимодействии (*ab initio*) является актуальной проблемой теоретической физики и физики атомного ядра. Развитие таких подходов в первую очередь важно для описания резонансных состояний экзотических систем, состоящих из нескольких нуклонов, которые являются предметом интенсивных теоретических и экспериментальных исследований.

Диссертация посвящена разработке нового эффективного метода расчета состояний непрерывного спектра ядерных систем в приближении демократического распада в рамках осцилляторного представления (Harmonic Oscillator Representation of Scattering Equations (HORSE)) и модели оболочек без инертного кора (No-Core Shell Model (NCSM)). Удачная находка диссертанта состоит в том, что приближение демократического распада в гиперсферической параметризации позволяет по сути ограничиться рассмотрением одноканального рассеяния (Single-State-HORSE (SS-HORSE)) при каждом фиксированном значении энергии, используя интерполяцию данных рассеяния для подходящего набора собственных значений составной системы, и тем самым избежать трудоемкого вычисления функции Грина мишени, необходимой для решения многоканальной задачи рассеяния.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации и списка цитируемой литературы.

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, аргументирована их научная новизна, показана практическая значимость полученных результатов, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе разработан и апробирован метод описания состояний одноканального рассеяния в осцилляторном представлении (Single-State-Harmonic Oscillator Representation of Scattering Equations (SS-HORSE)). Приведены рассчитанные в методе SS-HORSE энергии и ширины резонансов ядра ${}^5\text{He}$, полученные на основе состояний NCSM с реалистическим NN -взаимодействием JISP16 для рассеяния $\frac{3}{2}^-$ и для рассеяния $\frac{1}{2}^-$ в системе нейтрона и α -частицы. Энергии и ширины резонансов находятся в согласии с полученными в R -матричном подходе на основе экспериментальных данных.

Во второй главе метод SS-HORSE обобщается на случай демократического распада и применяется для исследования резонансных характеристик системы четырёх нейтронов, соответствующих недавним экспериментальным данным.

В третьей главе на основе алгоритма Ланцоша сформулирован последовательный метод описания одноканального рассеяния, в котором мишень описывается осцилляторными состояниями с произвольным числом квантов. Показано, что в этом случае эрмитовый оператор представим трехдиагональной матрицей и итерации Ланцоша поз-

воляют генерировать осцилляторный базис. В таком подходе сдвиг фазы рассеяния в парциальной волне дается формулой, включающей регулярные и нерегулярные осцилляторные решения для свободного гамильтониана и коэффициенты разложения радиальной части волновой функции по ланцошевскому базису.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В диссертационной работе автором получены следующие важные результаты:

Предложен новый метод (SS-HORSE — Single-State / Harmonic Oscillator Representation of Scattering Equations) расчета состояний непрерывного спектра ядерных систем в приближении демократического распада.

Метод SS-HORSE успешно применён для расчетов рассеяния нейтрона на α -частице с реалистическим NN -взаимодействием JISP16. Полученные характеристики резонансного и нерезонансного рассеяния находятся в разумном согласии с экспериментальными данными.

Метод SS-HORSE применен для поиска резонансного состояния системы четырёх нейтронов с NN -взаимодействием JISP16. Показано существование резонансного состояния тетранейтрона с энергией около 0.8 МэВ и шириной около 1.4 МэВ. Этот результат согласуется с экспериментом ("*Candidate Resonant Tetraneutron State...*", PRL 116 (2016), 052501).

На основе свойств осцилляторного базиса и алгоритма Ланцоша предложен последовательный метод описания одноканального рассеяния в ядерных системах на основе HORSE и SS-HORSE.

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в том, что разработанный эффективный метод SS-HORSE при существенно меньших затратах вычислительных ресурсов по сравнению с традиционным методом HORSE применим для оценки характеристик рассеяния экспериментально малоизученных резонансных процессов. Такая информация необходима для планирования и постановки современных экспериментов в области ядерной физики.

Разработанные в диссертационной работе методы могут быть использованы для описания резонансных состояний экзотических малонуклонных систем. Результаты, представленные в диссертационной работе, могут найти применение в теоретических и экспериментальных исследованиях в области ядерной физики, которые проводятся в российских научных центрах: в ТОГУ (г. Хабаровск), МГУ имени М. В. Ломоносова (г. Москва), ОИЯИ (г. Дубна), НИЦ "Курчатовский институт" (г. Москва), МИФИ (г. Москва), СПбГУ (г. Санкт-Петербург), ВГУ (г. Воронеж) и зарубежных научных центрах.

В диссертационной работе можно указать следующие недостатки:

1) В работе использована только одна модель межнуклонного взаимодействия с реалистическим NN -взаимодействием JISP16. Было бы полезно исследовать систему четырех нейтронов с различными моделями межнуклонного взаимодействия.

2) Не упоминается возможность применения метода SS-HORSE для описания процессов рассеяния заряженных частиц.

Данные замечания не влияют на высокую оценку результатов диссертационной работы, их следует рассматривать как направление будущих исследований диссертанта.

Диссертационную работу Мазура Игоря Александровича следует классифицировать как законченное оригинальное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Публикации полностью отражают основные научные положения и выводы, содержащиеся в диссертации. Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 4 статьях в ведущих рецен-

зируемых научных журналов, рекомендованных ВАК, которые индексируются в международных базах Web of Science или Scopus, а также в 5 статьях в сборниках трудов конференций, которые индексируются в РИНЦ.

Считаю, что диссертационная работа Мазура Игоря Александровича на тему "Исследование резонансных ядерных процессов в микроскопических подходах с использованием осцилляторного базиса" удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г. №335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц, а её автор, Мазур Игорь Александрович, заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
(01.04.02 –теоретическая физика),
профессор, ведущий научный сотрудник
Лаборатории теоретической физики
Международной межправительственной
организации Объединенный институт ядерных
исследований, ул. Жолио-Кюри, 6, г. Дубна,
Московская обл., Россия, 141980,
Телефон: +7(49621)6-50-59,
e-mail: vinitsky@theor.jinr.ru



Виницкий Сергей Ильич

Подпись Виницкого С.И. заверяю.
Ученый секретарь
Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований



Андреев Александр Васильевич