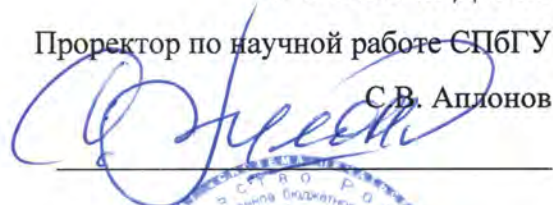


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе СПбГУ

С.В. Апионов



" 30 " августа 2017 г.



О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Мазура Игоря Александровича

"Исследование резонансных ядерных процессов в микроскопических подходах

с использованием осцилляторного базиса",

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Исследование поведения квантовых систем на микроскопическом уровне является одной из актуальных задач физики. Значительный интерес представляют различные состояния: связанные, резонансные и состояния рассеяния в разнообразных квантовых системах нескольких частиц. Особенно актуальным является решение таких задач на безмодельной основе (*ab initio*). Если для описания связанных состояний достигнуты значительные успехи в разработке методов решения уравнения Шредингера для достаточно сложных систем с количеством частиц до 20, то в случае состояний рассеяния надежное описание возможно для систем с существенно меньшим числом частиц. Это объясняется прежде всего намного более сложным поведением волновых функций и как следствие большими вычислительными трудностями при решении уравнения Шредингера. Наиболее развитыми в настоящее время являются методы решения задачи рассеяния для систем трех и четырех частиц. В этом случае относительно небольшое число степеней свободы делает возможным их анализ без дополнительных приближений (*ab initio*). Таким образом, в рамках рассматриваемой физической модели задача решается точно. При этом сложность расчетов даже для этих систем оказывается велика, что требует разработки новых эффективных подходов. Методы, разработанные для систем нескольких частиц, могут использоваться в качестве основы при рассмотрении более сложных систем и в качестве тестовых примеров для таких систем.

Подходы для описания состояний непрерывного спектра систем, состоящих более чем из четырех нуклонов развиты в гораздо меньшей степени. Разработке одного из таких методов посвящена данная диссертация. Развитие подходов к безмодельному описанию состояний непрерывного спектра легких ядерных систем в первую очередь важно как само по себе, так и для описания экзотических систем нуклонов, лежащих далеко от линии стабильности ядер, в частности важным является описание резонансных состояний подобных систем. По этой причине выбранная тематика диссертационной работы является важной и актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения трех глав, заключения и списка литературы. Первая глава является наиболее емкой и содержит разработку основного теоретического инструмента - метода одинарного состояния в осцилляторном представлении уравнений рассеяния (single state – harmonic oscillator representation of scattering equations – SS-HORSE). Сущностью метода является вычисление фаз рассеяния в осцилляторном представлении при одной из собственных энергий матрицы гамильтониана системы. При этом удается существенно сократить вычислительные затраты при вычислении фаз рассеяния. Построены также различные параметризации для фаз рассеяния в случае различных особенностей на комплексной плоскости энергии. Разработанный формализм тестируется на модельной задаче, а затем применяется к исследованию рассеяния α -частицы на ядре ${}^4\text{He}$.

Вторая глава посвящена исследованию состояний непрерывного спектра системы четырех нейтронов. Применяется гиперсферическое представление и в приближении одной гармоникой задача рассеяния сводится к одному гиперрадиальному уравнению, которое затем решается методом SS-HORSE. Проанализированы различные варианты энергетической зависимости фазы рассеяния от параметров особенностей фазы рассеяния на комплексной плоскости. Сделан вывод о возможном существовании резонансного состояния в системе четырех нейтронов (тетранейтрон).

Третья завершающая глава посвящена использованию алгоритма Ланцоша для гамильтонианов в осцилляторном представлении. Замечено, что при отсутствии потенциальной энергии итерации Ланцоша позволяют воспроизвести исходный осцилляторный базис. При этом возможен как прямой, так и обратный ход алгоритма, начиная с состояний с большим количеством осцилляторных квантов и движением в сторону их уменьшения. Последнее оказывается хорошо приспособленным для решения задачи рассеяния. При включении взаимодействия итерации обратного алгоритма Ланцоша позволяют получить трехдиагональное представление гамильтониана полной задачи, начиная с "асимптотических" состояний, в которых взаимодействие отсутствует.

Метод демонстрирует хорошую применимость при описании рассеяния нейтрона на α -частице.

В заключении диссертации отражены основные результаты работы.

Основные научные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Разработан метод SS-HORSE (Single State Harmonic Oscillator Representation of Scattering Equations) описания состояний непрерывного спектра систем без кулоновского взаимодействия на основе расчетов *ab initio* в модели оболочек без инертного кора (NCSM, No-Core Shell Model). Метод опирается на осцилляторное представление теорий рассеяния (HORSE, Harmonic Oscillator Representation of Scattering Equations) и аналитические свойства S-матрицы.
2. Осуществлено описание одноканального рассеяния нейтрона на α -частице на основе расчетов *ab initio* в NCSM с NN-взаимодействием JISP16. Получены сдвиги фаз рассеяния в парциальных волнах $3/2^-$, $1/2^-$ и $1/2^+$, рассчитаны резонансные параметры рассеяния в парциальных волнах $3/2^-$, $1/2^-$. Результаты согласуются с экспериментальными данными.
3. Метод обобщен для описания состояний непрерывного спектра в приближении демократического распада. Обобщенный метод применен для описания системы четырех нейтронов. Выполнены расчеты основного состояния этой системы в NCSM с NN-взаимодействием JISP16. Было использовано приближение, в котором предполагалось, что все гиперсферические гармоники, кроме одной (с гипермоментом $K = 2$) подавлены центробежным барьером. Получено, что в такой системе существует резонансное состояние, рассчитаны его энергия и ширина. Примечательно, что впервые в теоретических расчетах получился достаточно узкий резонанс при низких энергиях.
4. Разработан метод описания состояний рассеяния на основе свойств осцилляторного базиса и алгоритма Ланцоша.

В диссертационной работе есть следующие недостатки:

1. При применении метода SS-HORSE к системе четырех нейтронов учитывается лишь одна гиперсферическая гармоника. Необходимо исследовать сходимость результатов для полученного резонансного состояния при увеличении числа учитываемых в методе гармоник.
2. В многочастичных задачах использовалась лишь одна модель межнуклонного взаимодействия – JISP16. Необходимо осуществить исследование системы четырех нейтронов на основе других моделей межнуклонного взаимодействия.

3. В тексте имеется ряд несущественных грамматических и стилистических недочетов.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационной работы.

Выполненная работа является законченным научным исследованием, а полученные результаты окажут существенную помощь, как в теоретическом, так и в практическом плане, в новых исследованиях в ядерной физике. Методы, предложенные в данной диссертации и полученные в ней результаты, являются новыми и оригинальными, и вклад в них ее автора является решающим. Результаты, полученные в диссертации, докладывались на международных и российских научных конференциях, семинарах в научных организациях России и других стран. Они в полной мере опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, индексируемых в Web of Science и SCOPUS. Таким образом, работа прошла широкую апробацию.

Диссертация соответствует паспорту специальности 01.04.16. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Материалы диссертации могут быть использованы для дальнейших исследований в Тихоокеанском государственном университете, на физическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, в Научно-исследовательском институте ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Санкт-Петербургском государственном университете, Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН, Объединенном институте ядерных исследований, университете штата Айова (США), а также в других институтах и научных центрах в области атомной и ядерной физики.

Из всего сказанного выше следует вывод, что диссертационная работа Мазура Игоря Александровича "Исследование резонансных ядерных процессов в микроскопических подходах с использованием осцилляторного базиса", полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 (приказ № 335), а ее автор безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация рассмотрена на научном семинаре кафедры вычислительной физики СПбГУ, а отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры вычислительной физики 29.08.2017, протокол № 8.

Отзыв составлен:

Заведующий кафедрой вычислительной
физики СПбГУ, доктор физико-
математических наук, профессор
e-mail: *s.yakovlev@spbu.ru*
тел.: +7(812)428-4343



С.Л. Яковлев

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет".

Адрес организации: Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная 7-9,
Тел.: +7(812) 328-20-00, e-mail: *spbu@spbu.ru*