

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе  
НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ  
д. ф.-м. н. В.В.Воронин

«14» мая 2019 г.

#### ОТЗЫВ

ведущей организации - ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова» НИЦ «Курчатовский институт» - на диссертацию Д.М. Родкина «Теоретическое описание кластеризованных состояний лёгких ядер в рамках современной микроскопических моделей», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация Д.М. Родкина «Теоретическое описание кластеризованных состояний лёгких ядер в рамках современных микроскопических моделей» посвящена созданию теоретического подхода на основе реалистического межнуклонного взаимодействия для описания кластерной структуры лёгких ядер, разработке комплекса программ и расчётам свойств и спектров возбуждения ядер  $^5\text{He}$ ,  $^7\text{Li}$ ,  $^8\text{Be}$ ,  $^9\text{Be}$ ,  $^9\text{B}$ .

По тематике и методологии диссертация относится к работам, посвященным развитию чрезвычайно мощной модели резонирующих групп, как единого подхода к описанию явлений, относящихся к дискретной и непрерывной части ядерного спектра, т.е. универсальному описанию ядерной структуры и ядерных реакций. К сожалению, из-за своей сложности этот метод имеет только общую формулировку и очень ограниченное множество реализаций, основанных на отдельных предположениях и ограничениях. Развитие новых, более обоснованных подходов к описанию, в первую очередь, кластерных свойств лёгких ядер, учитывающих накопленный ограниченный опыт, представляется безусловно актуальной задачей.

С другой стороны, практическая ценность проведённого исследования определяется созданием соответствующего вычислительного аппарата. Сложность вычислительной схемы была главным препятствием, ограничивающим применение основанного на первопринципах подхода к описанию наблюдаемых свойств лёгких ядер. Созданный комплекс программ можно рассматривать не только как конкретное достижение, но и как платформу для дальнейшего развития исследований в этом направлении.

Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения.

Во **введении** обосновывается актуальность разработанного метода ортогональных функций кластерных каналов для микроскопического описания



кластерных состояний лёгких ядер и реакций с их участием. Сформулированы цели и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** даётся описание современных микроскопических *ab initio* методов расчётов состояний легких ядер, видов реалистического межнуклонного взаимодействия, формализма разработанной автором модели, проводится сравнение разработанной автором модели с ранее созданными.

Следует отметить преимущества разработанной автором новой модели ортогональных функций кластерных каналов, позволяющей учитывать кластерные характеристики в рамках глобального микроскопического подхода. Здесь используется гораздо более короткий базис по сравнению с традиционной моделью, что является гарантией проведения «осмысленных» расчётов. Вычисление спектроскопических факторов и кластерных формфакторов служит основой для описания реакций слияния, распада, передачи на микроскопическом уровне, расчёта характеристик связанных состояний и узких резонансов. Принципиально, что полученные кластерные характеристики могут использоваться для дальнейших расчётов, что отвечает идее единого теоретического подхода как к описанию ядерных реакций, так и ядерной структуры.

**Во второй главе** приводятся результаты расчётов полных энергий связи и спектроскопических факторов основных и низколежащих возбуждённых состояний лёгких ядер. Очень показательным сравнением кластерных свойств нижних состояний  $^8\text{Be}$ , рассчитанных в предлагаемом подходе с реалистическими межнуклонными потенциалами, с традиционными, когда это ядро рассматривается как система двух альфа-частиц. На этом примере наглядно видна роль основных параметров модели при описании наблюдаемого значения полной энергии связи и вклад кластеризации ядерных состояний. Получено, что вклад некластеризованных компонент базиса в полную энергию связи даже сильнокластеризованных систем столь же существенен, как и кластерных.

Ядро  $^7\text{Li}$  обычно рассматривается как система  $\alpha+t$ . Проведённые расчёты выявили степень кластеризации нижних возбуждённых уровней этого ядра. Получено детальное описание их свойств и проведено сравнение с экспериментальными результатами.

**Третья глава** посвящена описанию результатов расчётов асимптотических характеристик лёгких ядер, где используются очень большие одночастичные базисы. Сравнение оригинальных результатов с экспериментальными данными свидетельствует об успешном применении модели ортогональных функций кластерных каналов для описания асимптотических характеристик низколежащих возбуждённых состояний, как связанных, так и резонансных, для состояний с нейтронным гало и кластеризованных состояний.

**В заключении** представлены основные результаты и выводы проведённых исследований, сформулированы преимущества созданной модели и общий анализ роли кластерных компонент в волновых функциях



кластеризованных состояний лёгких ядер.

**Замечания.** Разработанный в диссертации метод принципиально относится к «двухцентровым» системам, что не позволяет рассматривать, например, ядра  ${}^6\text{He}$  или  ${}^{12}\text{C}$ . К сожалению, такой оговорки в диссертации нет, и может создаться неоправданно оптимистическое впечатление о применимости модели.

В модели используются реалистические нуклон-нуклонные потенциалы из теории однобозонного обмена или квантовой хромодинамики. Эти теории релятивистские, что отражается в записи потенциалов, а разрабатываемая автором модель ортогональных функций кластерных каналов принципиально нерелятивистская. В связи с этим возникает вопрос: зачем релятивистские потенциалы? Их параметры определены для нуклонного рассеяния (дейтрон) в релятивистской теории. В условиях многочастичной задачи ( $N > 3$ ) эффективные нерелятивистские потенциалы могли бы быть более адекватными. Например, потенциалы с трёхчастичными силами, приводящие к зависимости эффективного взаимодействия от плотности и обеспечивающие насыщение ядерных сил в более тяжёлых ядрах. Никаких комментариев в диссертации по этому поводу нет.

Результаты расчётов в диссертации вполне убедительно сравниваются с экспериментальными данными, но детального сравнения с другими расчётами не проводится. Такое сравнение позволило бы выявить роль конкретного вида взаимодействия в теории лёгких ядер с учётом кластеризации.

Большое внимание в диссертации уделено вычислению энергетических характеристик ядер. Интересно было бы обсудить вычисление радиусов и электромагнитных моментов.

Эти замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Проделанная Д.М. Родкиным работа свидетельствует о его высокой квалификации, понимании сути сложнейших теоретических проблем. Автор продемонстрировал не только глубокие знания физики, но и владение математическим аппаратом, современными компьютерными и информационными технологиями. Диссертационная работа Д.М. Родкина «Теоретическое описание кластеризованных состояний лёгких ядер в рамках современной микроскопических моделей» представляет собой законченное научное исследование, содержащее важные научные результаты, представляющие большую практическую ценность. Они докладывались на научных семинарах и конференциях; они своевременно опубликованы в реферируемых журналах. Их актуальность, достоверность, новизна и практическая значимость не вызывает сомнений. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации.

Результаты и выводы диссертации, а также разработанный комплекс программ могут быть использованы во всех научных-исследовательских и образовательных учреждениях, в которых проводятся исследования структуры

лёгких ядер, ведётся подготовка специалистов-ядерщиков: МГУ, ОИЯИ, ПИЯФ, СПбГУ, ИЯИ РАН и др.

Диссертация Д.М. Родкина выполнена на высоком научном уровне и посвящена важной и актуальной проблеме учёта кластеризации в структуре лёгких ядер. Результаты работы докладывались и были одобрены на семинаре, проведённом в НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Д.М. Родкин безусловно заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — физика атомного ядра и элементарных частиц.

Заведующий лабораторией ядерной спектроскопии  
НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ  
доктор физико-математических наук

И.А. Митропольский

ПЕЧАТЬ РУКИ Митропольский И.А.  
ЗАВЕРЯЮ

начальник отдела кадров Зинькина А.Н.

