

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Данилова А.Н.
«ОБНАРУЖЕНИЕ УВЕЛИЧЕННЫХ РАДИУСОВ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕННЫХ
СОСТОЯНИЙ ^{11}B , ^{12}C , ^{13}C В РАССЕЙАНИИ α -ЧАСТИЦ»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 (физика атомного ядра и элементарных частиц)

Диссертация Данилова А.Н. принадлежит к числу тех работ, которые появляются в ответ на прямые запросы современной физики легких ядер, и посвящена экспериментальному исследованию экзотических (в частности, кластерных) состояний легких ядер.

В настоящее время исследованию виртуальной кластерной структуры легких ядер посвящено значительное количество и экспериментальных, и теоретических работ. Наличие такой структуры следует из основополагающих принципов квантовой механики, в частности, принципа Паули, согласно которому при заданном значении орбитального момента (его проекции) различные значения проекций спина и изоспина могут иметь только четыре нуклона. Такие кластерные образования (виртуальные α -частицы), построенные из четырех нуклонов, могут оказывать существенное влияние на структуру легких ядер вплоть до ^{16}O . В силу того, что пороги распадов легких ядер на кластеры, как правило, меньше, чем для вылета нуклонов, их кластерная структура, как правило, исследуется при распаде легких ядер под действием различных внешних возбуждений, определяя экспериментальные характеристики реакций, в том числе и реакций нуклеосинтеза.

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию экзотических кластерных состояний ядер ^{12}C (особое внимание уделено возбужденному состоянию 0_2^+ , $E^* = 7.65$ МэВ – состоянию Хойла) и его возможных аналогов в яд-

рах ^{11}B и ^{13}C , но основным объектом исследования структуры таких ядер выбрана их яркая отличительная особенность – аномально большие среднеквадратичные радиусы. Прямое измерение увеличения радиусов ядер ^{11}B , ^{12}C и ^{13}C в рассматриваемых состояниях невозможно в силу малости времен их жизни. В диссертации для определения увеличения радиусов возбужденных состояний ядер со временем жизни менее 10^{-12} с применен оригинальный, разработанный в Лаборатории НИЦ «Курчатовский институт» метод, определенный как Модифицированная дифракционная модель (МДМ). В результате определение размеров экзотических ядер свелось к задаче экспериментального изучения рассеяния α -частиц на этих ядрах и обработке полученных дифференциальных сечений в рамках МДМ.

Поэтому новизна, актуальность и практическая ценность поставленных в диссертации проблем не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа изложена на 84 стр. текста, имеет обширный иллюстративный материал — 33 рисунка и 5 таблиц. Библиография включает в себя 81 наименование.

ВО ВВЕДЕНИИ рассматриваются особенности кластерной структуры легких экзотических ядер ^{11}B , ^{12}C и ^{13}C . Особое внимание уделено описанию возбужденного состояния ядра $^{12}\text{C } 0_2^+$, $E^* = 7.65$ МэВ – состояния Хойла. Отмечено, что это состояние не может быть воспроизведено самыми продвинутыми современными вариантами модели оболочек, а экспериментально были получены лишь косвенные свидетельства увеличенного размера состояния Хойла. Сформулированы преимущества метода МДМ для изучения размеров экзотических состояний легких ядер, обосновывается актуальность проведенных исследований, и перечисляются основные задачи, составляющие предмет диссертации.

ПЕРВАЯ глава диссертации посвящена описанию серии экспериментов по измерению сечений неупругого рассеяния α -частиц на ядрах ^{11}B , ^{12}C и ^{13}C при $E_\alpha = 65$ МэВ с возбуждением состояний всех ядер до $E^* \sim 10\text{--}15$ МэВ, выполненных при участии автора на циклотроне K130 Университета г. Ювяскула, Финляндия. Автор подробно описывает методику эксперимента: устройство Большой камеры рассеяния диаметром 1.5 м с мишенным штоком, непосредственно связанным с персональным компьютером, что позволяет без вскрытия камеры проводить регулировку положения мишени; процедуру изготовления мишеней в виде тонких фольг и определение их оптимальных толщин. Автор впервые предложил новую схему расположения $\Delta E/E$ -детекторов (два независимых ΔE -детектора с общим E -детектором, собранными в одной сборке). Подобные 4 сборки позволяли производить измерения сечений одновременно при восьми углах, что существенно сокращало время измерений. Общее энергетическое разрешение пучка удалось снизить до 250 кэВ, а угловое – до 0.2° . Впервые были измерены дифференциальные сечения упругого и неупругого рассеяния и соответствующие энергетические спектры при углах θ_α в передней полусфере для ядра ^{12}C до $E^* \sim 16$ МэВ, для ядра ^{11}B – до $E^* \sim 14$ МэВ, для ядра ^{13}C – до $E^* \sim 12$ МэВ. Автор скрупулезно проанализировал полученные спектры на всех ядрах и выделил в спектрах на ядрах ^{11}B и ^{13}C состояния при $E^* = 8.56$ МэВ и 8.86 МэВ соответственно, как возможные аналоги состояния Хойла.

ВТОРАЯ глава посвящена описанию использованной в диссертации Модифицированной дифракционной модели (МДМ) и ее применения для определения дифракционных радиусов R_{dif} (и связанных с ними среднеквадратичных радиусов R_{rms} ядра), первых четырех состояний ядра ^{12}C непосредственно из экспериментальных сечений упругого и неупругого рассеяния α -частиц, полученных автором в предыдущей главе, а также других ядер (от ^3He до ^{12}C при различных энергиях) имеющих в литературе. Автор впервые фиксирует три

основные особенности полученных с помощью МДМ значений R_{dif} : их линейную зависимость от энергии падающих частиц, совпадение R_{dif} для основного и первого возбужденного 2^+ состояний вращательной полосы в ^{12}C , и, наконец, тот факт, что R_{dif} для состояния Хойла всегда превышает радиус основного состояния. Определенный автором в рамках МДМ среднеквадратичный радиус R_{rms} состояния Хойла составляет 2.89 Фм, что на 25% превышает радиус основного состояния ^{12}C . Такое значение радиуса совпадает с аналогичным R_{rms} , полученным в рамках двух теоретических моделей: антисимметризованной молекулярной динамики и оболочечной модели без кора. Автор подробно обсуждает границы применимости МДМ метода и его возможную проверку другими независимыми подходами, такими, как ядерное радужное рассеяние и метод асимптотических нормировочных коэффициентов. Как показано в диссертации, все три метода дают совпадающие в пределах ошибок значения R_{rms} состояния $1/2_1^-$ 3.09 МэВ ^{13}C .

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ рассматриваются состояния ядра ^{12}C , генетически связанные с состоянием Хойла. Проведен анализ уровней ^{12}C (0_2^+ , 7.65 МэВ, 2_2^+ 9.6(9.8) МэВ и 4_1^+ 13.8 МэВ). Для всех состояний получены практически совпадающие увеличенные радиусы, что подтверждает их принадлежность к одной вращательной полосе. Рассмотрены предполагаемые аналоги состояния Хойла в ядрах ^{11}B (из состояния Хойла удаляется протон) и ^{13}C (к состоянию Хойла добавляется нейтрон). В диссертации впервые из экспериментальных данных по $\alpha + ^{11}\text{B}$ рассеянию в рамках МДМ определен R_{rms} состояния $3/2^-$ 8.56 МэВ ядра ^{11}B , который оказался близок к R_{rms} состояния Хойла в ядре ^{12}C . Подтверждено существование вращательной полосы в ^{11}B , основанной на состоянии $3/2^-$, с увеличенными R_{rms} для всех состояний полосы. Более того, показано, что дифференциальные сечения неупругого рассеяния $\alpha + ^{11}\text{B}$ с возбуждением состоя-

ния 8.56 МэВ и $\alpha + {}^{12}\text{C}$ с возбуждением состояния 7.65 МэВ при $E_\alpha = 65$ МэВ практически совпадают в дифракционной области. Аналогичные результаты получены и для уровня $1/2_1^-$ 8.86 МэВ в ядре ${}^{13}\text{C}$, причем значение R_{rms} для этого ядра подтверждается и теоретическими оценками в методе антисимметризованной молекулярной динамики и в модели оболочек без кора.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ перечислены основные результаты работы.

Оценивая диссертацию в целом, можно сказать, что автором впервые получены экспериментальные данные по рассеянию α -частиц на ядрах ${}^{11}\text{B}$, ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{13}\text{C}$ при $E_\alpha = 65$ МэВ с возбуждением состояний всех ядер до $E^* \sim 10\text{--}15$ МэВ. Эти данные впервые позволили определить на основе МДМ значения среднеквадратичных радиусов возбужденных состояний исследуемых ядер. Важно, что автор получил радиусы состояния Хойла и генетически подобных ему состояний в этих ядрах достаточно большими, на 25–30% процентов превышающими радиус основного состояния обсуждаемых ядер. Полученные в диссертации уникальные результаты по определению радиусов возбужденных состояний ядер позволили опровергнуть предсказания о существовании состояний с гигантскими радиусами. Надежность и достоверность теоретического метода подкреплена стартовым использованием апробированной экспериментальной методики, скрупулезным анализом полученных результатов и не вызывает сомнений. Научная ценность диссертации достаточно высока. Автор продемонстрировал владение современными экспериментальными методиками, способностью извлекать из полученных экспериментальных данных приоритетные физические результаты.

Диссертация написана четким и ясным языком, хорошо оформлена, расположение материала компактно и продумано, так что диссертация легко читается, несмотря на сложность и некоторую неоднородность материала.

Все основные материалы диссертации опубликованы в ведущих журналах и неоднократно представлялись на различных конференциях. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно и правильно отражают содержание диссертации.

Диссертация Данилова А.Н. «Обнаружение увеличенных радиусов для возбужденных состояний ^{11}B , ^{12}C и ^{13}C в рассеянии α -частиц» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент,
доктор физ.- мат. наук, профессор,
главный научный сотрудник НИИЯФ МГУ
отдел ядерных реакций


Наталья Семеновна ЗЕЛЕНСКАЯ

Подпись Зеленской Н.С. заверяю

Директор НИИЯФ МГУ,
доктор физ.- мат. наук, профессор,



Михаил Игоревич ПАНАСЮК

1 октября 2018 г.

Служебные координаты:

119992, Москва, ГСП-2, Ленинские горы, д. 1, стр. 5
телефон 8-495-939-36-86, E-mail: info@srd.sinp.msu.ru