

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Данилова Андрея Николаевича  
«Обнаружение увеличенных радиусов для возбужденных состояний  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$   
и  $^{13}\text{C}$  в рассеянии  $\alpha$ -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. посвящена исследованию характеристик экзотических ядерных систем, находящихся вблизи границы нуклонной стабильности. Это направление развития ядерной физики является основным в развитии современных представлений о свойствах ядерных структур и является экспериментальным основанием для создания ядерных моделей и лежащих в их основе потенциалов. Особый интерес в этих исследованиях представляет изучение второго возбужденного состояния  $^{12}\text{C}$  ( $J^P = 0^+$ ,  $E^* = 7.65$  МэВ) – состояния Хойла, играющего важную роль в нуклеосинтезе во Вселенной. Состояние Хойла лежит за границей нуклонной стабильности и имеет время жизни  $\sim 10^{-16}$  с, что делает весьма затруднительным определение структуры этого состояния. Его характеристики представляют особый интерес для исследования квазистационарных ядерных состояний, лежащих в континууме. Актуальность исследуемой в работе темы подтверждается большим числом экспериментальных и теоретических работ, выполняемых в настоящее время, для исследования экзотических ядер, находящихся на и за границей нуклонной стабильности в области легких элементов.

Несмотря на значительные теоретические и экспериментальные усилия многие вопросы структур экзотических ядер остаются открытыми, в частности существуют ли у нуклонно-нестабильных ядер определенные размеры, и при положительном ответе, каким образом можно определить радиус этих короткоживущих состояний? В работе Данилова впервые были определены среднеквадратичные радиусы возбужденных состояний ядер  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  непосредственно из экспериментальных данных по упругому и неупругому рассеянию  $\alpha$ -частиц на исследуемых изотопах.

Работа Данилова А.Н. основана на экспериментальных данных по рассеянию  $\alpha$ - частиц на ядрах  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  при энергии 65 МэВ, впервые полученными автором. Выбранная энергия является оптимальной с точки зрения применения для анализа данных модифицированной дифракционной модели (МДМ), являющейся надежным инструментом для определения радиусов короткоживущих состояний. Следует отметить, что измерения выполнены на высоком уровне по энергетическому и угловому разрешению, что было достигнуто благодаря усовершенствованиям, предложенным автором для экспериментальной установке на циклотроне К130 (университет г. Ювяскула). Важным методическим достоинством работы Данилова А. Н. является подробный анализ вопросов, связанных с определением энергетического и углового разрешения экспериментальной установки.

Полученные в диссертационной работе Данилова А.Н. приоритетные результаты по измерению радиусов возбужденных состояний  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  представляют научно-практическую значимость, так как экспериментально доказали, что увеличение радиусов является характерной особенностью ядерных состояний, имеющих кластерную структуру и лежащих в континууме. Эти результаты являются основанием для тестирования ядерных моделей. На основе измерения радиусов состояний подтверждено существование вращательной полосы, основанной на состоянии 8.56 МэВ в  $^{11}\text{B}$ .

Достоверность результатов, полученных автором, обусловлена высокой статистической обеспеченностью данных. Полученные экспериментальные результаты по радиусам известных состояний согласуются с наиболее продвинутыми теоретическими моделями.

Наряду с достоинствами в диссертации имеются отдельные недостатки и неясности:

1. В тексте отсутствует информация о радиусе основного состояния  $^{12}\text{C}$ . Также в обзоре экспериментальных результатов о радиусе состояния Хойла отсутствуют (кроме работы [9]) численные оценки этого радиуса. Остается неясным, отсутствуют ли эти результаты в цитируемых работах или автор не привел их.

2. Выбор 65 МэВ, как рабочей энергии для проведения эксперимента, обоснуется как средняя энергия применения МДМ. Однако во введении область применения МДМ определена, как  $10 \div 100$  МэВ/нуклон. Средняя энергия  $\alpha$ -частицы в этом интервале соответствует энергии 220 МэВ, что значительно превышает 65 МэВ. Также указанный интервал противоречит утверждению в главе 2, что «Рабочий диапазон надежного использования МДМ 10-70 МэВ/нуклон».

3. Из рис 8, 13 и 17 видно, что в мишенях присутствуют примеси, однако анализ влияния этих примесей на полученные результаты отсутствует.

4. Неточно определен  $\Delta E$ -E метод. Пролетный детектор измеряет величину  $\Delta E = (dE/dx) \cdot d$ , ( $d$  – толщина детектора), а не  $(dE/dx)$ . Детектор полного поглощения измеряет остаточную энергию  $(E - \Delta E)$ , а не полную энергию  $E$ .

5. При идентификации  $\alpha$ -частиц  $\Delta E$ -E методом, неясно, каким образом получены границы контуров на рис.6?

6. В табл. 4 представлены значения среднеквадратичного радиуса для состояния  $^{13}\text{C}(3.09)$ , определенные методом МДМ в двух работах автора. Остается неясным, какие экспериментальные данные были использованы для определения этих величин и причина их различия, превосходящие приведенные погрешности.

Указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость работы.

Основные результаты диссертации доложены на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в список ВАК и базы данных Web of Science, Scopus и РИНЦ, автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

В целом диссертация Данилова А. Н. представляют собой законченную научно-квалификационную работу, в которой автором на основе выполненных исследований решена актуальная задача по определению среднеквадратичных радиусов возбужденных состояний в континууме для легких ядер. Было доказано существование вращательных полос у изотопов  $^{11}\text{B}$  и  $^{12}\text{C}$ , все члены которых имеют увеличенные на 25-30% радиусы по отношению к основным состояниям. Полученные результаты весьма актуальны и могут быть использованы в экспериментальных исследованиях ядер вблизи границы нуклонной стабильности, проводимых в ведущих научных центрах, как нашей страны (ОИЯИ), так и за рубежом (GSI (FAIR), RIKEN, MSU, GANIL и др.).

Считаю, что диссертационная работа «Обнаружение увеличенных радиусов для возбужденных состояний  $^{11}\text{B}$ ,  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  в рассеянии  $\alpha$ -частиц» и ее автореферат отвечают требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Данилов Андрей Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент  
доцент  
кафедры физика элементарных частиц,  
Национального исследовательского  
ядерного университета «МИФИ»,  
кандидат физико-математических наук



Чернышев Борис Андреевич

Адрес: 115409, Москва,  
Каширское шоссе, д. 31  
тел.: +7 (916) 662-57-56  
E-mail: chernyshev@mephi.ru

30 сентября 2018 г.

Подпись удостоверяю.  
Заместитель начальника отдела  
документационного обеспечения  
НИЯУ МИФИ



Шашина Т.С.