

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

На диссертационную работу Фомичева Андрея Сергеевича
“ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОТИЧЕСКИХ ЯДЕР
 $Z < 20$ НА УСКОРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ DRIBs”,
представленную к защите на соискание ученой степени доктора физ.-мат.
наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной
физики

Актуальность темы. Экзотические ядра, т.е. ядра с аномальным соотношением количества протонов и нейтронов, особенно ядра, находящиеся вблизи границы нуклонной устойчивости, могут обладать свойствами, существенно отличающимися от тех, что имеют ядра вблизи дорожки стабильности. Так, они могут иметь необычное распределение ядерной материи – с нейтронным или протонным гало, могут претерпевать особые моды распада и т.д. Наиболее эффективным методом для получения новой информации об экзотических системах является экспериментальное исследование с использованием радиоактивных пучков. Именно развитию ряда методов, применённых для изучения лёгких ядер с $Z < 20$ на ускорительном комплексе DRIBs и посвящена диссертационная работа. Исследование экзотических ядер является актуальной задачей не только в плане расширения нашего знания о мире ядер, но оно важно и для получения новых сведений, необходимых для развития теории ядра. Кроме того, экспериментальные данные о свойствах экзотических ядер позволяют ответить на некоторые вопросы астрофизики, касающиеся механизма образования химических элементов во Вселенной.

Краткое содержание работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, двух приложений и списка цитируемой литературы. Экспериментальные исследования, результаты которых представлены в диссертации, проводились на ускорительном комплексе DRIBs (ОИЯИ, Дубна) с использованием масс-сепаратора АКУЛИНА. В первой главе описываются методы получения пучков экзотических ядер. Более подробно описывается ускорительный комплекс DRIBs. Отметим, что DRIBs – это единственный в России

комплекс, на котором получаются пучки экзотических ядер с энергией несколько десятков МэВ на нуклон. Проведение экспериментов с такими пучками позволяет получать прецизионную спектрометрическую информацию об изучаемых ядрах.

Вторая глава является основной. В ней подробно описываются проведенные эксперименты с использованием разработанных методик и приводятся полученные результаты. Диссертантом с сотрудниками изучена реакция полного и неполного слияния ядра ^6He (64 МэВ) с ядром ^{166}Er и ядра ^6Li (58 МэВ) с ядром ^{165}Ho . Проведено прецизионное изучение возбужденных состояний ядра ^6Be в реакции перезарядки $^1\text{H}(\text{Li}, ^6\text{Be})n$ при энергии $E(^6\text{Li}) = 32$ МэВ/нуклон. Проведен поиск ядра ^{26}S среди продуктов реакции фрагментации ядер ^{32}S ($E = 50$ МэВ/нуклон) на бериллиевой мишени. Изучены бета-задержанные распады ядер ^{26}P и ^{27}S . В реакции $^1\text{H}(^{18}\text{Ne}, d)^{17}\text{Ne}^*$ осуществлен поиск двухпротонного распада из возбужденного состояния ядра ^{17}Ne .

Особенностью данной диссертационной работы является то, что она включает ряд разнородных экспериментов, объединенных тем, что они посвящены изучению свойств экзотических ядер на ускорительном комплексе DRIBs. При проведении каждого такого эксперимента применялась оригинальная методика и создавались специальные достаточно сложные установки. Так, при исследовании слияния ядер ^6He и ^6Li с тяжелыми ядрами (^{166}Er , ^{165}Ho) использовалась установка, которая включала 6 гамма детекторов из сверхчистого германия, окруженных анти-комптоновской сцинтилляционной защитой на основе BGO-детекторов, сегментированный кремниевый телескоп для регистрации заряженных частиц и 8 нейтронных время-пролетных детекторов. Достаточно сложные экспериментальные установки использовались и при проведении других экспериментов. Например, при изучении бета-задержанных распадов ядер ^{26}P и ^{27}S применялась оптическая время-проекционная камера (ОВПК).

В третьей главе сформулирована программа планируемых исследований свойств экзотических ядер на комплексе У-400М/АКУЛИНА-2 и в

совместных работах на фрагмент сепараторе Super-FRS (FAIR, Дармштадт) в рамках проекта EXPERT с применением разработанных диссертантам методик.

Основные результаты. Разработаны методики исследования легких экзотических ядер и с их использованием на ускорительном комплексе DRIBs изучены свойства ряда ядер. В работе по изучению слияния ядер ${}^6\text{He}$ и ${}^6\text{Li}$ с тяжелыми ядрами (${}^{166}\text{Er}$, ${}^{165}\text{Ho}$) получена информация о параметре критического момента l_{crit} , параметра D_l размытия углового момента ядер ${}^6\text{Li}$ и ${}^6\text{He}$, сечения испускания нейтронов σ_{xn} и сечения слияния σ_{fus} . Показано, что выходной канал реакции эффективно выделяется при организации тройных совпадений: $\gamma\gamma$ -заряженная частица и $\gamma\gamma$ -нейtron. Разработан и реализован метод, позволивший в 3–5 раз улучшить точность определения энергии нейтрона. Предложен и реализован эффективный метод регистрации трех частиц (α,α,p) продуктов распада ${}^6\text{Be}$. Получено свидетельство об изовекторной мягкой дипольной моде возбужденного состояния ядра ${}^6\text{Be}$. Развит метод идентификации частиц с использованием информации ΔE –ToF и ΔE – E . Экспериментально установлен новый предел на время жизни ядра ${}^{26}\text{S}$: $T_{1/2} < 79$ нс, отличающийся от прежних менее точных данных более чем на 5 порядков. На основании новых экспериментальных данных сделана оценка на величину $Q_{2p}({}^{26}\text{S})$: $Q_{2p} > 640$ кэВ. Полученные данные позволяют считать, что, по-видимому, наиболее вероятным каналом распада ядер ${}^{26}\text{S}$ является истинное (одновременное) испускание двух протонов. Получил дальнейшее развитие метод ОВПК. Установлены более точные значения вероятностей ветвления распада ядер ${}^{26}\text{P}$ и ${}^{27}\text{S}$ по каналам βp , $\beta 2p$ и β_{tot} . Предложен и реализован эффективный метод (метод “комбинированной массы”) для исследования редких процессов, обеспечивающий высокое энергетическое разрешение при высокой светимости. Получен новый предел соотношения $\Gamma_{2p}/\Gamma_{\gamma}$ для распада ядра ${}^{17}\text{Ne}^*$.

Научная новизна и достоверность результатов. Все полученные результаты являются новыми. Некоторые из них отличаются от тех, что были получе-

ны раньше, на несколько порядков. Достоверность полученных результатов гарантируется более совершенной методикой, по сравнению с той, что использовалась ранее в менее прецизионных исследованиях, а также сравнением с результатами измерений для соседних ядер, для которых ранее были получены достаточно точные данные. Результаты диссертационной работы докладывались на ряде (более 20) международных и национальных конференций, совещаний и семинаров и опубликованы в более 30 журнальных статьях, рекомендованных ВАК.

Замечания. Диссертация написана хорошим языком. Оформлена аккуратно. Содержание проведенных работ изложено кратко, но в основном достаточно понятно. Существенных замечаний, которые влияли бы на оценку диссертационной работы, нет.

Заключение. Диссидентом развиты оригинальные методики и внесен крупный вклад в изучение легких экзотических ядер. Научные результаты, полученные диссидентом, имеют существенное значение для физики ядра и для астрофизики. Результаты являются новыми, обоснованными и достоверными. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Развитые диссидентом методики могут эффективно использоваться в планируемых исследованиях экзотических ядер на комплексе У-400М/АКУЛИНА-2 и в совместных работах на фрагмент сепараторе Super-FRS (FAIR, Дармштадт).

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Фомичев Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент – заведующий лабораторией физики элементарных частиц НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ,

доктор физико-математических наук,

профессор *Г.Д. Алхазов/*

Подпись официального оппонента заверяю

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
КАДРОВ
ЗИНОВЬЕВА А.Н.

«31» ЯНВАРЯ 2018г.