

«УТВЕРЖДАЮ»

ВРИО директора Федерального
государственного бюджетного

учреждения науки

Физико-технического института

им. А.Ф. Иоффе РАН,

доктор, профессор

С.В. Лебедев

2018



М.П.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертацию Фомичёва Андрея Сергеевича
«Экспериментальные исследования экзотических ядер с $Z < 20$ на ускори-
тельном комплексе DRIBs», представленной на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Работа выполнена в Лаборатории Ядерных Реакций им. Г.Н. Флёрова
Объединённого Института Ядерных Исследований (г. Дубна Московской обл.)
и посвящена развитию техники физического эксперимента на комплексе
DRIBs (Дубненский комплекс радиоактивных пучков) с целью получения но-
вой информации о свойствах экзотических систем с зарядом $Z < 20$ (^6He , ^6Li ,
 ^6Be , ^{17}Ne , ^{26}P , $^{26,27}\text{S}$). К основным результатам работы можно отнести создание
современных установок для получения пучков радиоактивных ядер, разра-
ботку методики для проведения экспериментов с радиоактивными и ста-
бильными пучками в диапазоне энергий $E \sim 10 \div 35$ МэВ/А, алгоритмы для
анализа сложных корреляционных спектров продуктов распада экзотических
ядерных систем. Эффективность разработанных методик была продемон-
стрирована при исследовании реакций с участием ядер ^6He и ^6Li , имеющих
необычную структуру в виде нейтронного гало и дейтонного кластера, соот-

ветственно; изучении спектра возбуждения изотопа ${}^6\text{Be}$ в широком диапазоне энергий; получении новых данных о слабых ветках распада возбуждённых состояний ядер ${}^{17}\text{Ne}$, ${}^{26}\text{P}$ и ${}^{26,27}\text{S}$.

В частности, следует отметить следующие применённые методы (вновь разработанные или модернизированные под конкретную задачу) и полученные с их помощью новые результаты:

1. В экспериментах со слабосвязанными ядрами ${}^6\text{Li}$ и ${}^6\text{He}$ для идентификации канала реакции использовалась методика тройных совпадений: гамма-гамма-заряженная частица и гамма-гамма-нейтрон. Метод анализа дискретных гамма-спектров позволил получить информацию о сечениях полного и неполного слияния для реакций ${}^{165}\text{Ho}({}^6\text{Li}, 5\text{n}) {}^{166}\text{Yb}$ и ${}^{166}\text{Er}({}^6\text{He}, 6\text{n}) {}^{166}\text{Yb}$.
2. В реакции перезарядки ${}^1\text{H}({}^6\text{Li}, {}^6\text{Be})\text{n}$ был реализован эффективный метод регистрации трёх частиц α - p - p , продуктов распада ${}^6\text{Be}$, позволивший получить качественно новые экспериментальные данные для спектра возбуждений ${}^6\text{Be}$. В спектре возбуждений ${}^6\text{Be}$ было обнаружено заселение изовекторной мягкой дипольной моды при $E_T > 4$ МэВ. Показано, что этот процесс идет с высоким сечением и отвечает заселению широкого спектра состояний со спином/чётностью $J^\pi = \{0^-, 1^-, 2^-\}$.
3. Методы идентификации заряженных частиц ΔE -ToF и ΔE - E были развиты и применены для задачи поиска изотопа ${}^{26}\text{S}$ среди продуктов реакции фрагментации ${}^{32}\text{S}(50.3 \text{ МэВ/нуклон}) + \text{Be}$. В результате был экспериментально установлен новый предел на время жизни ${}^{26}\text{S}$: $T_{1/2} < 79$ нс и получена оценка для энергии распада двумя протонами $Q_{2p} > 640$ кэВ.
4. Метод имплантации радиоактивных ядер в газовый объем оптической времязадеющей камеры получил дальнейшее развитие за счёт модернизации систем идентификации частиц и сбора данных. Было проведено изучение редких веток распада изотопов ${}^{26}\text{P}$ и ${}^{27}\text{S}$, имеющих отношение к астрофизике; получены новые более точные значения для вероятностей ветвления по каналам βp , $\beta 2p$ и β_{tot} .

5. Предложен и реализован метод исследования $2p$ -распада первого возбуждённого уровня ядра ^{17}Ne , образующегося в реакции $^1\text{H}(^{18}\text{Ne},d)^{17}\text{Ne}^*$ при энергии $E(^{18}\text{Ne}) = 35$ МэВ/нуклон. Метод, получивший название комбинированной массы, позволил получить достаточно высокое энергетическое разрешение в эксперименте при высокой светимости. Для ветки $2p$ -распада ^{17}Ne ($3/2^-$) был получен новый предел отношения $\Gamma_{2p}/\Gamma_\gamma < 1.6(3)\times 10^{-4}$, который оказался в ~ 50 раз ниже, чем литературные данные.

Научная новизна работы заключается в создании новых и развитии существующих методик экспериментов и их реализации на перспективной инструментальной базе. Наличие именно этого компонента в исследованиях позволило получить уникальные данных о свойствах целого ряда экзотических ядер и в настоящее время определяет перспективу развития этого направления в исследованиях на комплексе DRIBs.

Важно отметить и то, что тема работы (особенно материал, описанный в Главе 3) и ее результаты имеет своё продолжение в виде совместного участия ФТИ и ОИЯИ в проекте FAIR. Это: диагностика пучков на фрагмент сепараторе SuperFRS, эксперименты в рамках проекта EXPERT@NuSTAR, разработка и создание уникальных детекторных систем и электроники для установок АКУЛИНА-2 и SuperFRS.

В диссертации есть несколько недостатков.

1. Так, например, при описании эксперимента ^6Be недостаточно чётко изложена новизна и специфика используемого метода, его преимущества и недостатки по сравнению с другими методиками. Это также относится к опыту по изучению изотопа ^{26}S .
2. В Таблицах n2 и n3 (Ожидаемые интенсивности некоторых радиоактивных пучков на комплексе DRIBs после его модернизации) для полноты картины не хватает сравнения с зарубежными аналогами RIKEN, GANIL, HIE-ISOLDE и др.

Отмеченные замечания не умаляют научную и практическую значимость работы.

Диссертация в полной мере соответствует специальности – 01.04.01 приборы и методы экспериментальной физики. Тема работы и цели, сформулированные автором, в полной мере раскрыты, результаты опубликованы в известных журналах и доложены на многочисленных конференциях. Автореферат диссертации соответствует содержанию. Учитывая актуальность темы исследования, научно-практическую значимость работы, полноту публикаций основных положений диссертации, доложенных на семинаре 23.04.2018, ведущая организация считает, что Фомичёв Андрей Сергеевич заслуживает присвоения ему звания доктор физико-математических наук.

Отзыв по материалам диссертации подготовлен на основании Заседания научного семинара Отделения твердотельной электроники ФТИ, с участием специалистов Астрофизического отдела и Циклотронной лаборатории, состоявшегося 25 июня 2018 г. Протокол № 1/2018 семинара прилагается.

Председатель семинара, д.ф.-м.н.



Алешин А.Н.

Секретарь семинара, к.ф.-м.н.



Малышкин В.Г.