

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Натальи Семеновны Зеленской о диссертации Маматкулова Кахрамона Зиядуллаевича «Исследование когерентной диссоциации ядра ^{10}C при энергии 1.2 ГэВ на нуклон», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация Маматкулова К.З. принадлежит к числу тех работ, которые появляются в ответ на прямые запросы современной физики легких ядер, и посвящена экспериментальному исследованию особенностей структуры протонно-избыточного ядра ^{10}C методом фрагментации в ядерной эмульсии, облученной на нуклотроне ОИЯИ.

В настоящее время значительное количество и экспериментальных, и теоретических работ уделяется исследованию виртуальной кластерной структуры легких ядер. 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, построенные из четырех нуклонов, могут оказывать существенное влияние на структуру легких ядер вплоть до ^{16}O , т.е. другими словами каждое легкое ядро имеет свою структуру. Такая структура описывается даже оболочечной моделью, если в ней аккуратно учитывается квантовое число группы перестановок нуклонов ядра – схема Юнга. В силу того, что пороги распадов легких ядер на кластеры, как правило, меньше, чем для вылета нуклонов, их кластерная структура проявляется при распаде легких ядер под действием различных внешних возбуждений, определяя экспериментальные характеристики реакций, в том числе и реакций нуклеосинтеза.

Исследование кластерной структуры ядер в экспериментах с релятивистскими ядрами в стандартной электронной методике представляет собой довольно сложную задачу, поскольку эта методика позволяет надежно регистрировать только те каналы, в которых конечные частицы близки по заряду к начальному ядру. В результате к кластерным каналам распада эта методика не чувствительна. В диссертации для регистрации таких каналов автор использует метод ядерных эмульсий (ЯЭ), который обеспечивает рекордное как пространственное, так и энергетическое разрешение вплоть до релятивистских значений энергий радиоактивных ядер ^{10}C .

В диссертации проведен физический анализ касательных взаимодействий ядер ^{10}C с ядрами фотоэмульсии, когда ядро-мишень в ЯЭ практически не успевает возбудиться («белые звезды»). Автор провел детальное экспериментальное исследование таких звезд в ЯЭ с целью получения всего ансамбля релятивистских фрагментов ядра ^{10}C , включая глубоко связанные кластерные конфигурации. В результате ему удалось восстановить распады ^{10}C , связанные с нестабильными кластерами ^8Be и ^9B . Поэтому новизна, актуальность и практическая ценность поставленных в диссертации проблем не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа изложена на 80 стр. текста, имеет обширный иллюстративный материал – 42 рисунка и одну микрофотографию взаимодействия релятивистских ядер ^{10}C с ядрами эмульсии. Библиография включает в себя 48 наименований.

ВО ВВЕДЕНИИ рассматриваются особенности кластерной структуры легких ядер, преимущества метода ЯЭ для ее изучения, обосновывается актуальность проведенных в диссертации исследований, и перечисляются основные задачи, составляющие предмет диссер-

тации.

ПЕРВАЯ глава диссертации посвящена описанию методики эксперимента. В рамках этой методики автору удалось восстановить зарядовую топологию периферической фрагментации ядра ^{10}C . Первоначально ускоренный до 1.2 ГэВ пучок ядер ^{12}C формирует вторичный пучок, настроенный на сепарацию изотопа ^{12}N . Этот вторичный пучок облучает стопку из 15 слоев ЯЭ. В результате облучения в ЯЭ было проанализировано 608 «белых звезд». Их доля, относящаяся к изотопу углерода, составила 40%, т.е. 227 «белых звезд». Автор установил, что в этих звездах доминируют события, имеющие фрагменты с зарядами 1 и 2. Доля «белых звезд» в канале $\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$ составляет 82% (186 звезд). Случайная выборка фрагментов H и He демонстрирует их идентичность с протоном и ^4He . Такого типа фрагменты соответствуют зарядовой периферической топологии ядра ^{10}C . Другими словами, выполненное в диссертации облучение ЯЭ обеспечивает достаточную статистику «белых звезд» ядра ^{10}C , что позволяет исследовать динамику диссоциации и структуру этого ядра.

ВО ВТОРОЙ главе диссертации измерены полярные и азимутальные углы релятивистских фрагментов He и H и для каждого из этих углов получены распределения 184 «белых звезд» $^{10}\text{C} \rightarrow 2\alpha + 2p$ от относительных углов разлета α -частиц. Проведено сравнение этих распределений с их тестовыми аналогами для «белых звезд» $^9\text{Be} \rightarrow 2\alpha$. Показано, что в обоих распределениях доминируют α -пары с узкими и широкими как полярными, так и азимутальными углами разлета, что соответствует основному и первому возбужденному состоянию ядра ^8Be . Автор

ТРЕТЬЯ ГЛАВА содержит, по-видимому, наиболее интересные результаты, полученные в диссертации и посвященные реконструкции всех распадов ядра ^{10}C , особенно поиску редких распадов. С этой целью выполнен анализ распадов по инвариантной массе троек и пар фрагментов 184 «белых звезд» $^{10}\text{C} \rightarrow 2\alpha + 2p$. Для 57 распадных троек $2\alpha + p$ впервые установлено, что их образование связано с каскадным распадом $^{10}\text{C} \rightarrow ^9\text{B} \rightarrow ^8\text{Be}(0^+)$ с участием релятивистского ядра ^9B . Автор, тем самым, выявил значительную вероятность проявления ядра ^9B в структуре ^{10}C (~ 30%). Распределение выходов ^9B по поперечному импульсу описано в рамках статистической модели. 10 случаев (~ 11%) образования ^9B при тройной фрагментации ^{10}C автор интерпретирует как рассеяние ^9B на тяжелом ядре ЯЭ, т.е. за пределами конуса фрагментации.

Для оставшихся 127 «белых звезд» автор предлагает двойную интерпретацию. В основном, он связывает эти звезды с распадами $^{10}\text{C} \rightarrow ^8\text{Be}(2^+) + 2p$. Тем не менее, он предлагает учесть возможность распада резонансов ^5Li (пара $\alpha + p$) и ^6Be (тройка $\alpha + 2p$). С целью определения параметров этих резонансов в диссертации исследована возможность когерентной диссоциации ^{10}C с образованием ядра ^7Be . Автору удалось обнаружить редкие события диссоциации, указывающие на существование в ядре ^{10}C глубоко связанных кластерных состояний $^7\text{Be} + ^3\text{He}$ и $2^3\text{He} + \alpha$ с весом ~ 8%. Более того, с ~ 4% от общей статистики эксперимента зафиксирована полная диссоциация релятивистского ядра ^{10}C на шесть однозарядных фрагментов и нейтронов.

Оценивая диссертацию в целом, можно сказать, что автором впервые изучены особенности структуры радиоактивного ядра ^{10}C в процессах его когерентной диссоциации при энергии 1.2 ГэВ на нуклон. Использование в эксперименте ЯЭ с рекордным угловым разрешением позволили автору получить оригинальные, а в ряде случаев уникальные результаты. Впервые при облучении ЯЭ смешанным пучком релятивистских ядер были достоверно идентифицированы ядра изотопа углерода ^{10}C и установлены каналы его распада. Впервые при исследовании доминирующего канала $\text{C} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$ выявлена значительная роль неста-

бильного релятивистского ядра ${}^9\text{В}$ и установлено, что именно его распад является источником образования ядер ${}^8\text{Ве}$. Впервые обнаружены редкие распады ${}^{10}\text{С}$, указывающие на существование в этом ядре кластерных состояний ${}^7\text{Ве} + {}^3\text{Не}$ и $2{}^3\text{Не} + \alpha$ с большой энергией связи. Надежность и достоверность полученных данных подкреплена стартовым использованием апробированных методов обработки экспериментов с ЯЭ и не вызывает сомнений. Научная ценность диссертации достаточно высока. Автор продемонстрировал блестящее владение современными экспериментальными методиками, умение четко формулировать и трактовать полученные результаты вплоть до вывода необходимых аналитических выражений и проведения по ним необходимых численных расчетов.

Диссертация написана четким и ясным языком, хорошо оформлена, расположение материала компактно и продумано, так что диссертация легко читается, несмотря на сложность материала. Автор подробно проанализировал полученные результаты и на их основе сделал ценные выводы о кластерных свойствах релятивистских ядер и каналах их распада.


В диссертациях такого уровня сложно находить недостатки. Тем не менее, качественный теоретический анализ полученных результатов в рамках широко известных моделей, которые можно использовать для описания кластерной структуры ядер не только при умеренных, но и при больших энергиях, только увеличил бы достоинства диссертации.

Отмеченные недостатки, скорее недочеты, не снижают ценности полученных автором результатов и не могут повлиять на общую положительную оценку работы. Они скорее предлагают перспективные направления дальнейшего развития исследования кластерной структуры релятивистских ядер и их фрагментации.

Все основные материалы диссертации опубликованы в ведущих журналах (в том числе и в журналах из списка ВАК) и неоднократно представлялись на различных конференциях. Автореферат и опубликованные работы достаточно полно и правильно отражают содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением №74 Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. в редакции Постановления №227 Правительства РФ от 20.04.2006 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Маматкулов Кахрамон Зиядуллаевич, безусловно заслуживает присуждения искомой степени.

Официальный оппонент:
доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник
отдела ядерных и космических исследований НИИЯФ МГУ


Н.С.ЗЕЛЕНСКАЯ

28 января 2016 г.

119992 г. Москва, Ленинские Горы, с. 51. НИИЯФ МГУ
E-mail: ns-zelenskaya@yandex.ru
тел.: 8-495-939-24-10

Подпись руки Зеленской Н.С. утверждаю:
Директор НИИЯФ МГУ,
профессор




М. И. ПАНАСЮК