

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛОВ С ОБРАЗОВАНИЕМ ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР ${}^7\text{Be}$ И ${}^7\text{Li}$ В ${}^{16}\text{O}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 3.25 А ГЭВ/С

Б.С. Юлдашев¹, А.А. Юлдашев², С.Л. Лутпуллаев², Э.Х.Базаров¹, Д.А. Каршиев¹

¹Институт Ядерной Физики АН РУз, ²Физико-технический институт НПО "Физика-Солнце" АН РУз

Рассмотрение различных характеристик фрагментов и частиц, образованных в нуклон-ядерных взаимодействиях в каналах с выходом зеркальных ядер направлено на изучение коллективных свойств ядерной материи.

В данной работе, выполненной на статистике в 8688 полностью измеренных ${}^{16}\text{O}$ -событий, приводятся различные характеристики частиц в каналах с выходом зеркальных ядер ${}^7\text{Be}$ и ${}^7\text{Li}$. В этих каналах, как видно из табл.1, в пределах статистических погрешностей попарно совпадают числа ассоциированных фрагментов с зарядом $Z = 2$.

Таблица 1.

Числа событий по каналам с выходом ядер ${}^7\text{Li}$ и ${}^7\text{Be}$ при разной множественности ассоциированных ядер гелия.

Каналы	Число фрагментов с зарядом $Z = 2$			Все
	0	1	2	
${}^7\text{Li}+\dots$	57	83	19	159
${}^7\text{Be}+\dots$	54	78	22	154

Кинематические характеристики зеркальных ядер с $A = 7$ оказались очень близкими, а средние значения полных импульсов $\langle P_{7\text{Li}} \rangle = 22.70 \pm 0.07$ ГэВ/с, $\langle P_{7\text{Be}} \rangle = 22.65 \pm 0.16$ ГэВ/с – практически совпали. Средние множественности и кинематические характеристики фрагментов и заряженных частиц представлены в табл.2.

Таблица 2.

Средние значения множественности, импульсов, кинетических энергий частиц и фрагментов в каналах с выходом ядер ${}^7\text{Li}$ и ${}^7\text{Be}$.

Характеристика	Каналы	
	${}^7\text{Be}$	${}^7\text{Li}$
n_{pm}	0.42 ± 0.04	0.43 ± 0.04
n_{p}	2.89 ± 0.12	3.00 ± 0.11
n_{d}	0.53 ± 0.05	0.52 ± 0.05
n_{t}	0.20 ± 0.03	0.17 ± 0.03
n_{π^-}	0.44 ± 0.05	0.29 ± 0.04
n_{π^+}	0.36 ± 0.05	0.56 ± 0.05
n_{He}^4	0.61 ± 0.05	0.63 ± 0.05
n_{He}^3	0.18 ± 0.03	0.13 ± 0.03
p_{pm} (ГэВ/с)	0.65 ± 0.03	0.71 ± 0.04
p_{π^-} (ГэВ/с)	0.61 ± 0.04	0.64 ± 0.06
p_{π^+} (ГэВ/с)	0.52 ± 0.04	0.53 ± 0.04
$E_{\text{кар}}$ (МэВ)	139.4 ± 9.4	140.0 ± 8.5
$E_{\text{кад}}$ (МэВ)	45.0 ± 5.4	38.2 ± 4.6
$E_{\text{кат}}$ (МэВ)	34.0 ± 6.3	32.6 ± 7.7
$E_{\text{карм}}$ (МэВ)	1542.0 ± 71	1413.0 ± 72

Как видно из табл.2, средние множественности ядер d, t, ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в зеркальных каналах в пределах однократных статистических погрешностей совпадают, что указывает на близость физических условий их формирования. Представляет интерес проанализировать эффекты, связанные с перезарядкой протона-мишени.

В топологии (422), когда вероятность первичного каскадного процесса мала, вероятнее всего, протон-мишень сталкивается с нейтроном снаряда. Анализ изотопического состава топологии (422) показал, что 4-зарядный фрагмент является ядром ${}^7\text{Be}$. Топология (322) с большей вероятностью может реализоваться при взаимодействии протона-мишени с протоном снаряда, на что указывают данные табл. 3. В самом деле, средняя множественность π^- -мезонов в топологии (422) существенно выше, чем в топологии (322). Для множественностей π^+ -мезонов же наблюдается обратная картина. В

совокупности, это указывает на большую роль процессов неупругой перезарядки нуклонов ядра кислорода $pp \rightarrow pn + \pi^+$ и $pn \rightarrow pp + \pi^-$.

Таблица 3.

Средние множественности заряженных пионов в зеркальных топологиях (422) и (322).

Тип частицы	Топология	
	422	322
$\langle n_{\pi^-} \rangle$	0.45 ± 0.15	0.10 ± 0.07
$\langle n_{\pi^+} \rangle$	0.27 ± 0.09	0.58 ± 0.15

Представленные в данной работе результаты еще раз подтверждают наши более ранние выводы о существенной роли α -кластерной структуры ядра кислорода в процессе формирования конечных многонуклонных фрагментов. Для процессов с образованием зеркальных ядер ${}^7\text{Be}$ и ${}^7\text{Li}$ важно анализировать каналы с образованием заряженных пионов, что позволяет идентифицировать тип первичного нуклон-нуклонного соударения.

ДИССОЦИАЦИЯ ЯДЕР ${}^{12}\text{N}$ С ИМПУЛЬСОМ 2 А ГЭВ/С В ЯДЕРНОЙ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ЭМУЛЬСИИ

К. Олимов¹⁾, Д. А. Артеменков²⁾, В. Брэднова²⁾, П. И. Зарубин²⁾, И. Г. Зарубина²⁾, Р. Р. Каттабеков^{2,3)}, Н. К. Корнегруца²⁾, К. З. Маматкулов^{2,4)}, В. В. Русакова²⁾

¹⁾Физико-технический институт АН РУз, ²⁾Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия. ³⁾Институт Ядерной Физики АН РУз, ⁴⁾Джизакский педагогический институт, Джизак.

E-mail: olimov@uzsci.net

Пучок ядер ${}^{12}\text{N}$ получен отбором из взаимодействий первичного пучка ядер ${}^{12}\text{C}$ с импульсом 2А ГЭВ/с в ядерной фотоэмульсии. Представленный ниже анализ основывается на просмотре облученной эмульсии по следам первичных частиц с зарядами, визуально оцениваемыми как $Z_{pr} > 2$, на длине около 1088 м. Найдено 7241 неупругое взаимодействие, в том числе 608 «белых» звезд, содержащих только релятивистские фрагменты в угловом конусе до $\theta_{fr} < 11^\circ$. В «белых» звездах, которые могли бы быть созданы ядрами ${}^{12}\text{N}$, выполнены измерения средних плотностей δ -электронов N_δ на следах пучковых ядер и вторичных фрагментов с зарядами $Z_{fr} > 2$.

Исследования кластеризации нуклонов в малоизученном радиоактивном ядре ${}^{12}\text{N}$, является логическим шагом в развитии исследований кластерной структуры ядер ${}^7\text{Be}$, ${}^8\text{B}$ и ${}^9\text{C}$. Ядро ${}^{12}\text{N}$ завершает эту последовательность ядер в цепи реакций в астрофизических процессах быстрого подхвата протонов. Это ядро обеспечивает альтернативный сценарий синтеза изотопа ${}^{12}\text{C}$.

Для «белых» звезд ${}^{12}\text{N}$ можно было ожидать лидирования каналов ${}^{11}\text{C} + p$ (порог 0.6 МэВ), ${}^8\text{B} + {}^4\text{He}$ (порог 8 МэВ) и $p + {}^7\text{Be} + {}^4\text{He}$, а также каналов связанных с кластерной диссоциацией ядра-основы ${}^7\text{Be}$. Особенностью когерентной диссоциации ядра ${}^{12}\text{N}$, в отличие от более легких ядер на границе протонной стабильности, может стать вклад распадов несвязанных ядер ${}^8\text{Be}$ и ${}^9\text{B}$. В частности, порог канала ${}^3\text{He} + {}^9\text{B}_{g.s.}$ составляет 10 МэВ. Небольшая разница в энергии связи по сравнению с каналами, содержащими фрагменты с зарядом $Z_{fr} > 2$, ведет к предположению о возможной двойственности ядра ${}^{12}\text{N}$. С одной стороны его основа может быть представлена связанными ядрами ${}^7\text{Be}$ и ${}^8\text{B}$, а с другой – несвязанными ${}^8\text{Be}_{g.s.}$ и ${}^9\text{B}_{g.s.}$.

Измерение в облученной эмульсии плотности δ -электронов N_δ на следах кандидатов ${}^{12}\text{N}$ позволило отобрать 72 «белых» звезды, удовлетворяющих условию $Z_{pr} = 7$ и $\sum Z_{fr} = 7$ [1]. Идентификация следов по заряду позволяет восстановить зарядовую топологию «белых» звезд, созданных ядрами ${}^{12}\text{N}$. На основе этих данных вклад ядер ${}^{12}\text{N}$ в пучок оценивается в 14 % (без учета ядер Н и He). Согласно накопленной статистике «белых» звезд, созданных ядрами ${}^{10}\text{C}$ и ${}^7\text{Be}$, вклад этих изотопов составляет примерно по 43%. Для изотопов $Z_{fr} > 2$ по Z_{fr} определяется и массовое число A_{fr} .

Для дальнейшего отбора событий когерентной диссоциации, содержащих только фрагменты ядер ${}^{12}\text{N}$ (не «участников» взаимодействия), условие на угловой конус было ужесточено до $\theta_{fr} < 6^\circ$. Эта величина определяется «мягким» ограничением на импульс ферми-движения нуклонов. В распределении 45 отобранных событий доля каналов с тяжелыми фрагментами $Z_{fr} > 2$ достигает примерно 2/3, и вклад каналов, содержащих только легкие фрагменты He и H, остается достаточно значительным. Заметный вклад предельно «хрупкого» ${}^8\text{B}$ указывает на «холодную» фрагментацию с минимальным возмущением структуры ядер ${}^{12}\text{N}$. Неожиданно большой оказалась статистика событий в канале $2\text{He} + 3\text{H}$. Исходя из факта приблизительного равенства вероятности каналов 2He и $\text{He} + 2\text{H}$