

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАНАЛОВ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕХ α -ЧАСТИЦ И ЯДЕР ^{12}C В $^{16}\text{O}p$ -СОУДАРЕНИЯХ ПРИ 3.25 А ГэВ/с

© 2002 г. М. А. Белов¹⁾, К. Г. Гуламов²⁾, В. В. Луговой²⁾, С. Л. Лутпуллаев²⁾, В. Д. Липин²⁾, К. Олимов²⁾, Х. К. Олимов²⁾, А. А. Юлдашев²⁾, Б. С. Юлдашев¹⁾

Поступило в редакцию 19.01.2001 г.

Известно, что легкие ядра с массовыми числами $A \leq 20$, кратными 4, обладают α -кластерной структурой и их многие характеристики удовлетворительно описываются моделями, учитывающими эту особенность [1]. Нами при исследовании процессов фрагментации релятивистских ядер кислорода во взаимодействиях с протоном [2–7] был выявлен ряд особенностей этого явления. В частности, было показано, что среди многозарядных фрагментов наиболее вероятный выход имеют двухзарядные фрагменты, более 80% из которых являются ядрами ^4He , т.е. α -частицами [3]. Развал релятивистских ядер кислорода на многозарядные фрагменты, с сохранением в них заряда исходного ядра [5], реализуется только через топологии с четным зарядом (224), (2222) и (26), где в скобках указаны заряды ядер-фрагментов. В то же время отсутствуют каналы (44) (если оба ядра являются ^8Be , то их распад приводит к каналу (2222), а комбинация ^9Be и ^7Be в эксперименте не наблюдается), (35) и (233), что может быть связано с более высоким значением пороговой энергии, необходимой для их реализации.

Из приведенных выше экспериментальных результатов видно, что структура исходного ядра существенно проявляется в периферических соударениях. В связи с этим мы провели сравнительный анализ характеристик реакций

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow 3\alpha + X, \quad (1)$$

$$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^{12}\text{C} + X, \quad (2)$$

где X может быть любым одно(p_f, d, t)- или двухзарядным фрагментом с массовым числом $A \leq 3$ (^3He) и, кроме того, заряженными пионами и протоном отдачи (p_r), если не произошла неупругая перезарядка последнего на нейтрон и π^+ -мезон.

¹⁾Институт ядерной физики АН РУз, Ташкент, пос. Улугбек.

²⁾Физико-технический институт Научно-производственного объединения "Физика-Солнце" АН РУз, Ташкент.

Экспериментальные данные сравниваются с предсказаниями каскадно-фрагментационной испарительной модели (КФИМ) [8]. В КФИМ используется модель внутриядерного каскада [9,10] в сочетании с модифицированной статистической моделью множественного ферми-рождения [11]. В модели предполагается, что фрагментирующее ядро состоит из идеализированного ферми-газа. После прохождения внутриядерного каскада в ядре устанавливается статистическое равновесие, и вероятность каждого канала пропорциональна объему занимаемого фазового пространства. В случае легкого ядра ^{16}O доминирующим механизмом образования фрагментов в модели считается фермиевский развал, т.е. расщепление ядра взрывного характера.

Наш экспериментальный материал получен с помощью стереоснимков с одномерной водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ [12], облученной на Дубненском синхрофазотроне ядрами ^{16}O с импульсом 3.25 А ГэВ/с, и основан на анализе 11098 измеренных $^{16}\text{O}p$ -событий. Отметим, что условия эксперимента позволяют регистрировать все вторичные заряженные частицы, однозначно идентифицировать их заряды, с высокой точностью

Таблица 1. Средние множественности вторичных заряженных частиц и фрагментов в реакциях (1) и (2)

Тип частицы	Средняя множественность	
	$^{16}\text{O} + p \rightarrow 3\alpha + X$	$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^{12}\text{C} + X$
π^-	0.28 ± 0.03	0.31 ± 0.03
π^+	0.55 ± 0.04	0.50 ± 0.04
p_r	0.55 ± 0.03	0.57 ± 0.03
p_f	1.41 ± 0.06	1.46 ± 0.06
d	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.02
t	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01
^3He	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01

Таблица 2. Средние множественности вторичных заряженных частиц и фрагментов в реакциях

Тип частицы

π^-

π^+

p_r

p_f

d

измерять их заряды и идентифицировать их заряды.

Разделение по измеренной длине трека. Рассчитана длина трека для каждой частицы. За kinematic удовлетворительного вторичного фрагмента [3, 4] оставлены для реакции взаимодействия в рабочем объеме. Но имеем с этими реакциями $\sigma_{in} = 22.8 \pm 0.4$ мбн. В КФИМ мы: $\sigma_{in}(3\alpha) = 22.8 \pm 0.4$ мбн. Другая и в значениях. Ли с экспериментальных α -кластерных

Разности (2) при идентичных энергиях и массовых числах. Реакции кажутся р- + α , ^8Be можно описать (1) как видения средних значений чешских. Что же

Таблица 2. Средние значения полного и поперечного импульсов (ГэВ/с) вторичных заряженных частиц и фрагментов в реакциях (1) и (2)

Тип частицы	$^{16}\text{O} + p \rightarrow 3\alpha + X$		$^{16}\text{O} + p \rightarrow ^{12}\text{C} + X$	
	$\langle P \rangle$	$\langle P_{\perp} \rangle$	$\langle P \rangle$	$\langle P_{\perp} \rangle$
π^{-}	0.41 ± 0.03	0.19 ± 0.01	0.39 ± 0.03	0.21 ± 0.01
π^{+}	0.46 ± 0.02	0.24 ± 0.01	0.48 ± 0.02	0.23 ± 0.01
p_r	2.34 ± 0.05	0.39 ± 0.02	2.28 ± 0.05	0.39 ± 0.02
p_f	0.32 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.25 ± 0.01
d	0.34 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.25 ± 0.02

измерять импульсы и определять массы фрагментов.

Разделение фрагментов по массе проводилось по измеренному значению импульса и величине заряда. Рассматривались фрагменты с измеренной длиной трека $L > 35$ см, что необходимо для более надежного разделения их по массе и анализа кинематических характеристик. Таким образом, удовлетворяющим этим условиям и критериям отбора вторичных заряженных частиц и фрагментов [3, 4] осталось 399 и 405 событий соответственно для реакций (1) и (2). С учетом потери событий на взаимодействие α -частиц и ^{12}C на длине пробега в рабочем объеме камеры $L = 35$ см окончательно имеем следующие значения для сечения выхода этих реакций: $\sigma_{\text{in}}(3\alpha) = 25.7 \pm 1.5$ мбн и $\sigma_{\text{in}}(^{12}\text{C}) = 22.8 \pm 1.4$ мбн, что очень близко друг к другу. В КФИМ аналогичные величины оказались равными: $\sigma_{\text{in}}(3\alpha) = 6.2 \pm 0.3$ мбн и $\sigma_{\text{in}}(^{12}\text{C}) = 11.5 \pm 0.4$ мбн, они почти в 2 раза отличаются друг от друга и в несколько раз – от экспериментальных значений. По-видимому, такое разногласие модели с экспериментом связано с неучетом в КФИМ α -кластерной структуры исходного ядра ^{16}O .

Разность по пороговой энергии реакций (1) и (2) при идентичности частиц типа X и их кинематических характеристик составляет 7.3 МэВ. Эта энергия недостаточна для развала ядра-остатка с массовым числом $A_f = 12$ по другим каналам, кроме реакции (1), включающей в себя также и каскадный распад возбужденных ядер $^{12}\text{C}^* \rightarrow ^8\text{Be}^* + \alpha$, $^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$. В связи с этим, по-видимому, можно ожидать, что многие характеристики реакций (1) и (2) будут идентичными. Действительно, как видно из табл. 1, экспериментальные значения средних множественностей вторичных заряженных частиц и фрагментов в пределах статистических погрешностей совпадают в обеих реакциях. Что же касается результатов расчета по КФИМ

[8], то, за исключением средних множественностей π^+ -мезонов, характеристики всех остальных частиц и фрагментов отличаются как друг от друга в обеих реакциях, так и от экспериментальных данных.

Средние значения полного $\langle P \rangle$ и поперечного $\langle P_{\perp} \rangle$ импульсов вторичных заряженных частиц и фрагментов, образованных в реакциях (1) и (2), представлены в табл. 2. Средние импульсы вторичных частиц и фрагментов приведены в системе покоя ядра кислорода. Видно, что средние импульсные характеристики вторичных частиц и фрагментов в пределах статистических погрешностей совпадают в обеих реакциях. В КФИМ [8] средние импульсные характеристики вторичных частиц и фрагментов (за исключением дейтронов) оказались очень близкими к экспериментальным.

Совпадение приведенных выше экспериментальных характеристик реакций (1) и (2) наводит на мысль о том, что эти процессы протекают при близких физических условиях и при этом существенную роль играет α -кластерная структура ядра ^{16}O . Все это указывает на то, что при построении реалистичной модели фрагментации легких ядер при высоких энергиях необходим учет их α -кластерной структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. B. R. Fulton, in *Proceedings of the Conference "Requiem for an Accelerator"*, Oxford, Mar.13-14, 1993, p. 83.
2. A. S. Botvina, W. Wislicki, Sh. Gaitinov, et al., *Z. Phys. A* **345**, 413 (1993).
3. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, М. Ю. Кратенко и др., *Письма в ЖЭТФ* **58**, 497 (1993); **59**, 316 (1994).
4. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, М. Ю. Кратенко и др., *ЯФ* **58**, 2005 (1995).
5. К. Н. Абдуллаева, М. Азимова, К. Г. Гуламов и др., *ДАН РУз* **5**, 21 (1996).

6. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, В. Д. Липин и др., ЯФ **61**, 2132 (1998).
7. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, В. Д. Липин и др., ЯФ **62**, 1472 (1999).
8. A. S. Botvina, A. S. Iljinov, and I. N. Mishustin, Nucl. Phys. A **507**, 649 (1990); Препринт № 626, ОИЯИ (Дубна, 1989).
9. В. С. Барашенков, В. Д. Тонеев, *Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами* (Атомиздат, Москва, 1972), с. 648.
10. В. С. Барашенков, А. С. Ильинов, Н. М. Соболевский и др., УФН **109**, 91 (1973).
11. E. Fermi, Prog. Theor. Phys. **5**, 570 (1950).
12. A. V. Belonogov, A. A. Belushkina, *et al.*, Nucl. Instrum. Methods **20**, 114 (1963).

Сдано в набор 24.12.2001 г.

Подписано к печати 26.03.2002 г.

Формат бумаги 60 × 88¹/₈

Офсетная печать

Усл. печ. л. 26.0

Усл. кр.-отт. 5.4 тыс.

Уч.-изд. л. 25.9

Бум. л. 13.0

Тираж 202 экз.

Зак. 5950

Свидетельство о регистрации № 0110204 от 04.02.93 г.

в Министерстве печати и информации Российской Федерации

Учредители: Российская академия наук, Отделение ядерной физики РАН,

Институт теоретической и экспериментальной физики Министерства Российской Федерации по атомной энергии

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Отпечатано в ППП "Типография "Наука", 121099, Москва, Шубинский пер., 6