

ПИСЬМА
В РЕДАКЦИЮ

К ВОПРОСУ О ФРАГМЕНТАЦИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
КИСЛОРОДА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ С ПРОТОНОМ

© 2000 г. В. В. Глаголев¹⁾, К. Г. Гуламов, В. Д. Липин,
С. Л. Лутпуллаев, К. Олимов, А. А. Юлдашев, Б. С. Юлдашев²⁾

Физико-технический институт Научно-производственного объединения "Физика-Солнце"
АН Узбекистана, Ташкент

Поступило в редакцию 08.07.99 г.

Экспериментальные данные по выходу много-
нуклонных ядер во взаимодействиях адронов и
ядер с ядрами могут нести важную информацию о
механизмах фрагментации. При изучении соударе-
ний релятивистских ядер кислорода с протоном
нами ранее было показано, что среди много-
нуклонных фрагментов ядра кислорода доминируют
 α -частицы. При развале на два и более многоза-
рядных фрагмента с сохранением в их составе всех
нуклонов наблюдаются только два канала: развал
на четыре α -частицы или на ядра ^{12}C и ^4He [1–3].

В процессе развала ядра кислорода в принципе
могут образоваться и нестабильные ядра, такие
как ^5He , ^5Li , ^8Be и ^9B в основном и возбужденных
состояниях. Хотя энергия связи на нуклон в этих
ядрах превышает 5 МэВ, она достаточна для рас-
пада по каналам с образованием двух α -частиц
в случае ^8Be или одной α -частицы (двух в случае ^9B)
и одного нуклона для ядер с нечетным атомным
номером.

В настоящей работе представлены новые экс-
периментальные данные по развалу ядра кисло-
рода на много-нуклонные фрагменты и выходу
короткоживущего ядра ^5Li , полученные при исследо-
вании взаимодействий ядер кислорода с протоном
при $p = 3.25\text{A}$ ГэВ/с. Экспериментальный материал
получен на снимках 1-м водородной пузырьковой
камеры ОИЯИ. Методические вопросы обработ-
ки стереофотографий и процедура разделения
фрагментов по массе приведены в наших преды-
дущих работах [1–3]. Общее число измеренных
 ^{16}O -событий составило более 11000.

1. Полученные результаты по развалу снаряда
на много-нуклонные фрагменты с сохранением в
их составе всех нуклонов исходного ядра пред-
ставлены в таблице.

Как видно из таблицы, при развале на много-
нуклонные ядра в более 80% событий преимуще-
ственно реализуются каналы с выходом только

четно-четных ядер – ^4He и ^{12}C . Кроме указанных
в таблице реакций развала в эксперименте были
найжены по одному кандидату в каналы $^{13}\text{C}^3\text{He}$,
 $^{12}\text{C}^2\text{H}^2\text{H}$ и $^{11}\text{C}^3\text{H}^2\text{H}$. Сечение для этих каналов
 ≤ 80 мкбн.

Развал ядра ^{16}O на много-нуклонные фрагмен-
ты может осуществляться в результате возбужде-
ния коллективного типа при квазиупругом ди-
фракционном рассеянии его на протоне [4].

Много-нуклонные фрагменты в принципе мо-
гут образоваться и вследствие слияния "каскад-
ных нуклонов" или реакции подхвата. В этом слу-
чае остаточное возбужденное ядро с $A \leq 14$ может
делиться на другие много-нуклонные фрагменты,
а если деления не происходит, то остается относи-
тельно тяжелое ядро, как, например, в канале
 $^{14}\text{N}^2\text{H}$.

Анализ азимутальных корреляций между про-
тоном отдачи и α -частицей в статистически обес-
печенном канале ($^4\text{He}^{12}\text{C}$) показывает, что распре-
деление по разности азимутальных углов $|\varphi_\alpha - \varphi_p|$
сильно асимметрично; существует тенденция к
вылету этих частиц в противоположные направ-
ления, что может служить аргументом в пользу
механизма квазиупругого выбивания α -кластера
из ядра-снаряда.

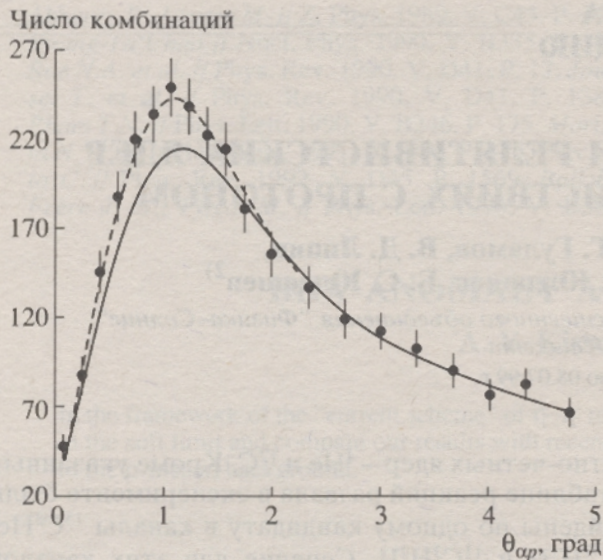
2. Мы проводили поиск образования неста-
бильного ядра ^5Li по каналу распада на α -частицу
и протон. В основном ($3/2^-, 1/2$) и первом возбуж-
денном состояниях ($1/2^-, 1/2$) с энергией возбуж-
дения 5–10 МэВ распад ядра ^5Li происходит толь-

Таблица

Канал развала	Сечение, мбн
$^{12}\text{C}^4\text{He}$	6.61 ± 0.66
$^4\text{He}^4\text{He}^4\text{He}^4\text{He}$	2.10 ± 0.38
$^{14}\text{N}^2\text{H}$	1.47 ± 0.29
$^6\text{Li}^4\text{He}^4\text{He}^2\text{H}$	0.27 ± 0.12
$^{10}\text{B}^4\text{He}^2\text{H}$	0.16 ± 0.10

¹⁾ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна,
Россия.

²⁾ Институт ядерной физики АН Узбекистана, Ташкент.



Распределение по углу между α -частицей и протоном.

ко по каналу ${}^5\text{Li} \rightarrow \alpha + p$. При более высоких уровнях возбуждения [5] такой канал распада остается преимущественным.

Поскольку фрагменты ядра-снаряда в основном имеют ограниченный переданный поперечный импульс и соответственно в л.с. имеют малый угол вылета (несколько угловых градусов), в условиях нашего эксперимента индивидуальное выделение каналов распада ${}^5\text{Li} \rightarrow \alpha + p$ невозможно. Поэтому выход ядер ${}^5\text{Li}$ нами изучался путем сравнения распределения по углу между α -частицей и протоном ($\theta_{\alpha p}$) с фоновым распределением, полученным с учетом доли отдельных топологических каналов, так как угловые распределения вторичных частиц зависят от последних. Фоновое распределение было построено для случайных событий, составленных из α -частицы из одного события, а протона — из другого. При развале возбужденного остаточного ядра возможны чисто кинематические эффекты, приводящие к азимутальным угловым корреляциям. Для учета влияния этих эффектов предварительно поперечные составляющие импульсов α -частиц и протонов были определены относительно суммарного поперечного импульса фрагментов в каждом экспериментальном событии.

Полученные результаты представлены на рисунке. Фоновое распределение (сплошная кри-

вая) было нормировано к числу событий при углах $\theta_{\alpha p} > 2^\circ$. Видно, что при больших углах фон хорошо описывает экспериментальное распределение (точки). При малых углах, т.е. в той области, где ожидаются $\theta_{\alpha p}$ -корреляции в случае образования ядра ${}^5\text{Li}$ в основном состоянии, имеется заметное превышение экспериментального спектра над фоновым. Распределение по $\theta_{\alpha p}$ для избытка событий над фоном хорошо согласуется с расчетным ($\langle \chi^2 \rangle < 0.5$), полученным для развала ${}^5\text{Li}$ в основном состоянии с учетом ширины резонанса $\Gamma = 1.5$ МэВ. На рисунке штриховой кривой показан ход суммарного, фонового и расчетного спектра.

Сечение образования ядер ${}^5\text{Li}$ оказалось равным $\sigma({}^5\text{Li}) = 8.4 \pm 0.5$ мбн, что не сильно отличается от значений функции возбуждения, полученных нами ранее для стабильных изотопов [1]:

$$\sigma({}^6\text{Li}) = 12.0 \pm 1.1 \text{ мбн и } \sigma({}^7\text{Li}) = 9.6 \pm 1.0 \text{ мбн.}$$

Нами было определено сечение выхода ядер ${}^5\text{Li}$ и другим способом — по распределению величины $Q_{\alpha p} = M_{\alpha p} - M_\alpha - M_p$, где $M_{\alpha p}$ — эффективная масса системы αp , M_α и M_p — соответственно массы ядер ${}^4\text{He}$ и ${}^1\text{H}$. В области $Q_{\alpha p} \leq 4$ МэВ наблюдается существенное превышение экспериментального спектра над фоновым. Среднее значение величины $Q_{\alpha p}$ для избытка событий над фоном оказалось равным 2.14 ± 0.17 МэВ, что хорошо согласуется с ожидаемым энерговыделением при распаде ядра ${}^5\text{Li}$ в основном состоянии. Сечение выхода ${}^5\text{Li}$ в пределах ошибок совпало (8.3 ± 0.6 мбн) с найденной выше величиной $\sigma({}^5\text{Li})$. Значительный выход нестабильного ядра ${}^5\text{Li}$ может служить еще одним аргументом в пользу механизма его образования на базе α -кластеров исходного ядра [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глаголев В.В., Гуламов К.Г., Кратенко М.Ю. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 58. С. 497; 1994. Т. 59. С. 316.
2. Глаголев В.В., Гуламов К.Г., Кратенко М.Ю. и др. // ЯФ. 1995. Т. 58. С. 2005.
3. Глаголев В.В., Гуламов К.Г., Лутпуллаев С.Л. и др. // ЯФ. 1997. Т. 60. С. 575.
4. Померанчук И.Я., Фейнберг Е.Л. // ДАН СССР. 1953. Т. 53. С. 439.
5. Ajzenberg-Selove F. // Nucl. Phys. 1988. V. A490. P. 1.