

ВКЛАДЫ ВОЗБУЖДЕННЫХ ЯДЕР ${}^6\text{Li}$ И ${}^7\text{Li}$ В ОБРАЗОВАНИЕ СИСТЕМ ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ И ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ В ${}^{16}\text{O}p$ -СОУДАРЕНИЯХ ПРИ 3.25 А ГэВ/с

© 2013 г. К. Олимов^{1)*}, В. В. Глаголев²⁾, К. Г. Гуламов¹⁾, С. Л. Лутпуллаев¹⁾, А. Р. Курбанов¹⁾, А. К. Олимов¹⁾, В. И. Петров¹⁾, А. А. Юлдашев¹⁾

Поступила в редакцию 27.11.2012 г.; после доработки 07.02.2013 г.

Представлены новые экспериментальные данные по сечениям выхода возбужденных ядер ${}^6\text{Li}^*$ и ${}^7\text{Li}^*$ и их вкладам в образование легких двухядерных систем ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ и ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ в ${}^{16}\text{O}p$ -соударениях при 3.25 А ГэВ/с.

DOI: 10.7868/S0044002713070131

Исследование образования возбужденных легких ядер в адрон-ядерных соударениях при высоких энергиях позволяет получить информацию о многонуклонных системах, участвующих в процессах фрагментации, а также о кластерной структуре как фрагментирующего ядра, так и промежуточных нестабильных ядер [1].

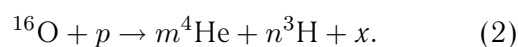
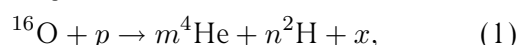
Ранее нами было изучено [2] образование многонуклонных систем с массовыми числами $A = 6, 7$ и ядер ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ и ${}^7\text{Be}$ в ${}^{16}\text{O}p$ -соударениях при 3.25 А ГэВ/с. Были определены сечения выхода этих систем и ядер, а также изучены корреляции с образованием легких фрагментов с $A \leq 3$. В этих процессах было установлено доминирование каналов с образованием α -частиц.

В настоящей работе мы изучили вклад возбужденных ядер ${}^6\text{Li}^*$ и ${}^7\text{Li}^*$ в каналы образования легких двухядерных систем ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ и ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ в ${}^{16}\text{O}p$ -соударениях при 3.25 А ГэВ/с.

Экспериментальный материал был получен с помощью 1-м водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной ядрами кислорода с импульсом 3.25 А ГэВ/с, на Дубненском синхротроне и состоит из 8712 полностью измеренных неупругих ${}^{16}\text{O}p$ -событий. Для более надежной идентификации фрагментов по массе рассматривались события, в которых длина треков фрагментов в рабочем объеме камеры составляла не

менее 30 см, что обеспечивает высокую точность импульсных измерений. При определении сечения выходов возбужденных ядер ${}^6\text{Li}^*$, ${}^7\text{Li}^*$ учитывались потери продуктов их распадов — ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$ и ${}^4\text{He}$ за счет взаимодействий с рабочей жидкостью камеры на длине $L \leq 30$ см. Методические вопросы получения экспериментальных данных изложены в работах [3–6]. Двухзарядные фрагменты с импульсами $p > 10.75$ ГэВ/с были отнесены к ядрам ${}^4\text{He}$. Однозарядные фрагменты в импульсном интервале $4.75 \leq p \leq 7.75$ ГэВ/с относились к ${}^2\text{H}$, а с $p > 7.75$ ГэВ/с — к ${}^3\text{H}$.

Сечения выхода возбужденных ядер ${}^6\text{Li}^*$ и ${}^7\text{Li}^*$ определялись на основе анализа спектров энергии возбуждений систем ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ и ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ в полуклюзивных реакциях



Здесь m означает число α -частиц ($m = 1-3$); n — числа ядер дейтронов и трития ($n = 1-3$); x — любые экспериментально наблюдаемые частицы и фрагменты, типы и число которых обусловлены законами сохранения барионного и электрического зарядов. Определение сечений выхода возбужденных ядер ${}^6\text{Li}^*$ и ${}^7\text{Li}^*$ основано на вычитательной процедуре экспериментальных и фоновых спектров. В рассматриваемом случае фон получен перемешиванием рассматриваемых частиц из разных событий с учетом их топологий по числу α -частиц.

Согласно [7] ядра ${}^6\text{Li}$ имеют три возбужденных состояния с распадной модой на α -частицу

¹⁾Физико-технический институт НПО “Физика–Солнце” АН РУз, Ташкент, Узбекистан.

²⁾Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия.

*E-mail: olimov@uzsci.net

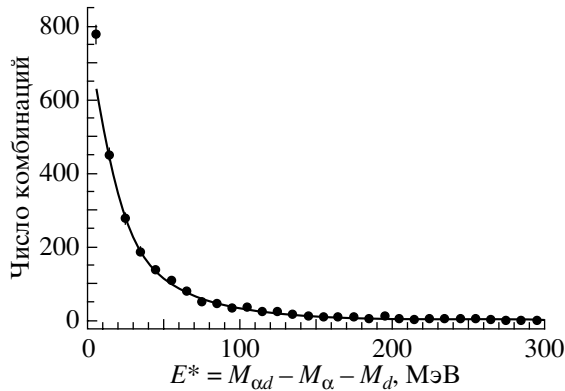


Рис. 1. Распределение по энергиям возбуждений E^* системы $\alpha + d$ в $^{16}\text{O}p$ -соударениях при 3.25 А ГэВ/с. Сплошная кривая — фоновое распределение.

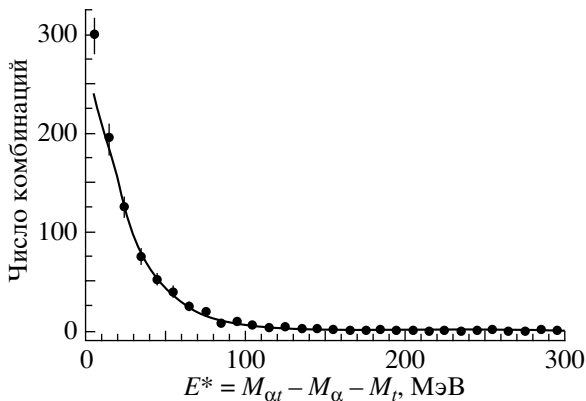


Рис. 2. То же, что на рис. 1, но для системы $\alpha + t$.

и дейтрон: $^6\text{Li}(2.19) \rightarrow \gamma + d + \alpha$, $^6\text{Li}(4.31) \rightarrow \gamma + d + \alpha$ и $^6\text{Li}(5.65) \rightarrow d + \alpha$ (в скобках приведены уровни возбуждения в МэВ), а ядра ^7Li — восемь возбужденных состояний с распадом на α -частицу и тритий: $^7\text{Li}(4.63) \rightarrow t + \alpha$, $^7\text{Li}(6.54) \rightarrow t + \alpha$, $^7\text{Li}(7.47) \rightarrow n + t + \alpha$, $^7\text{Li}(9.6) \rightarrow \gamma + n + t + \alpha$, $^7\text{Li}(10.8) \rightarrow \gamma + n + t + \alpha$, $^7\text{Li}(16.2) \rightarrow \gamma + t + \alpha$, $^7\text{Li}(21.5) \rightarrow \gamma + t + \alpha$, $^7\text{Li}(23.5) \rightarrow \gamma + t + \alpha$.

Среднее значение абсолютной ошибки в определении энергии возбуждения $E^* = M_{12} - M_1 - M_2$ рассматриваемых двухядерных систем (где M_{12} — эффективная масса ядер 1 и 2, а M_1 и M_2 — их массы) во всем интервале изменения E^* составляет $\langle \Delta E^* \rangle = 7.5$ МэВ. В связи с этим экспериментальные и фоновые распределения по энергиям возбуждений рассматриваемых систем построены с шагом в 10 МэВ, так на рис. 1 показаны соответ-

ствующие распределения для системы $\alpha + d$, а на рис. 2 — для $\alpha + t$.

Из приведенных данных по уровням возбуждения следует, что для ядра $^6\text{Li}^*$ в экспериментальном спектре E^* системы $\alpha + d$ они дают вклад в области < 10 МэВ. Поэтому нормировка фонового спектра на экспериментальный произведена в области $E_{\alpha d}^* > 10$ МэВ. Как видно из рис. 1, фоновое распределение в этой области энергии возбуждения хорошо описывает экспериментальный спектр. Избыток числа комбинаций в области $E_{\alpha d}^* < 10$ МэВ составляет 143, что соответствует сечению выхода возбужденного ядра $^6\text{Li}^*$, т.е. системы $\alpha + d$, 7.4 ± 0.6 мбн.

На рис. 2 приведены экспериментальное и фоновое распределения по энергиям возбуждений системы $\alpha + t$. В данном случае нормировка фонового распределения на экспериментальный спектр произведена в области $E_{\alpha t}^* > 30$ МэВ, что соответствует приведенным выше уровням возбуждения ядра $^7\text{Li}^*$. Видно, что фоновое распределение хорошо описывает экспериментальный спектр в этой области. Избыток числа комбинаций пар $\alpha + t$ в области $E_{\alpha t}^* < 30$ МэВ составляет 76, что соответствует сечению выхода возбужденного ядра $^7\text{Li}^*$, т.е. системы $\alpha + t$, 4.0 ± 0.5 мбн.

Таким образом, можно заключить, что вклад возбужденных ядер $^6\text{Li}^*$ и $^7\text{Li}^*$ в сечение образования α -частиц составляет 11.4 ± 0.8 мбн, а вклады в сечения выхода ядер дейтрона и трития составляют 7.4 ± 0.6 и 4.0 ± 0.5 мбн соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П. И. Зарубин, Сообщение ОИЯИ № P1-201075 (Дубна, 2010).
2. К. Олимов, А. Курбанов, С. Л. Лутпуллаев и др., ЯФ **72**, 636 (2009) [Phys. Atom. Nucl. **72**, 596 (2009)].
3. В. В. Глаголев и др., Сообщение ОИЯИ № P1-89-218 (Дубна, 1989); В. Вислицкий и др., Сообщение ОИЯИ № P1-90-306 (Дубна, 1990); Б. У. Амеева и др., Сообщение ОИЯИ № P1-91-545 (Дубна, 1991).
4. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, М. Ю. Кратенко и др., Письма в ЖЭТФ **58**, 497 (1993) [JETP Lett. **58**, 497 (1993)]; V. V. Glagolev, K. G. Gulamov, V. D. Lipin, *et al.*, Eur. Phys. J. A **11**, 285 (2001).
5. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, М. Ю. Кратенко и др., Письма в ЖЭТФ **59**, 316 (1994) [JETP Lett. **59**, 336 (1994)].
6. В. В. Глаголев, К. Г. Гуламов, М. Ю. Кратенко и др., ЯФ **58**, 2005 (1995) [Phys. Atom. Nucl. **58**, 1896 (1995)].
7. F. Ajzenberg-Selove, Nucl. Phys. A **490**, 1(1988).

**CONTRIBUTIONS OF ${}^6\text{Li}$ AND ${}^7\text{Li}$ EXCITED NUCLEUS IN FORMATION
OF SYSTEMS ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ AND ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ IN ${}^{16}\text{O}p$ -COLLISIONS
AT $3.25 A \text{ GeV}/c$**

**K. Olimov, V. V. Glagolev, K. G. Gulamov, S. L. Lutpullaev, A. R. Kurbanov, A. K. Olimov,
V. I. Petrov, A. A. Yuldashev**

New experimental data are presented on cross sections of the yield of the excited nuclei ${}^6\text{Li}^*$ and ${}^7\text{Li}^*$ and to their contributions to formation of two-nucleus systems ${}^4\text{He} + {}^2\text{H}$ and ${}^4\text{He} + {}^3\text{H}$ in ${}^{16}\text{O}p$ collisions at $3.25 A \text{ GeV}/c$.