

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

+

961/2-81

1-80-766

Ю.А. Батусов, М.Н. Бонев,\* П.Н. Нечев,\*  
В.М. Сидоров, Ц.П. Спасов,\* Д. Тувендорж,\*\*  
Х.М. Чернев \*

ПОИСКИ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР ВОДОРОДА  
 $^4\text{H}$ ,  $^5\text{H}$  И  $^6\text{H}$  В ПРОЦЕССАХ  
ЯДЕРНОГО ЗАХВАТА ПИОНОВ

---

\* Институт ядерных исследований и ядерной энергетики,  
София.

\*\* Институт физики и математики, Улан-Батор.

1980

Вопрос о существовании новых изотопов легчайших элементов стимулировал в течение последних лет множество теоретических и экспериментальных исследований. Особое место среди них занимают поиски ядер водорода с массой 4, 5 и 6, находящихся либо в основном, либо в возбужденном состоянии.

В работах<sup>/1,2/</sup> рассматриваются некоторые теоретические предпосылки, обосновывающие возможность существования изотопов водорода, которые тяжелее трития. Обширный обзор<sup>/3,4/</sup> экспериментальных данных показывает, что поиски стабильных изотопов  ${}^4\text{H}$  и  ${}^5\text{H}$  имели до сих пор отрицательный или неопределенный результат. Что же касается нестабильных к распаду с испусканием нейтронов изотопов  ${}^4\text{H}$  и  ${}^5\text{H}$ , то имеются как положительные указания в пользу существования  ${}^4\text{H}^{/5,6/}$ , так и ряд отрицательных<sup>/3/</sup>. Сообщение<sup>/7/</sup> о наблюдении  ${}^5\text{H}$  в последующих исследованиях<sup>/4/</sup> не подтверждено. Из-за отсутствия стабильных ядер  ${}^4\text{H}$  и  ${}^5\text{H}$  существование  ${}^6\text{H}$  кажется весьма маловероятным<sup>/1/</sup>, и единственная пока попытка<sup>/8/</sup> экспериментального наблюдения этого ядра не привела к положительному результату. Обзор результатов экспериментальных исследований, посвященных поиску  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$  в процессах ядерного захвата пионов, приведен в таблице.

Таблица

Экспериментальные данные об образовании  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$  в процессах ядерного захвата пионов

Изотоп	Реакция	Относительная вероятность на акт захвата $\pi^-$ -мезона	Авторы
${}^4\text{H}$	${}^6\text{Li}(\pi^-, d){}^4\text{H}$	$(1 \pm 0,5) \times 10^{-4}$	Cohen R.C. et al. <sup>/5/</sup>
	${}^7\text{Li}(\pi^-, t){}^4\text{H}$	$(3 \pm 1,5) \times 10^{-4}$	Cohen R.C. et al. <sup>/5/</sup>
${}^5\text{H}$	- " -	$(4 \pm 1) \times 10^{-4}$	Minehart R.C. et al. <sup>/8/</sup>
	${}^7\text{Li}(\pi^-, d){}^5\text{H}$	$< 1 \times 10^{-4}$	Cohen R.C. et al. <sup>/5/</sup>
	- " -	$< 2 \times 10^{-8}$	Booth N.E. et al. <sup>/9/</sup>
${}^6\text{H}$	- " -	$< 2 \times 10^{-4}$	Minehart R.C. et al. <sup>/8/</sup>
	${}^{14}\text{N}(\pi^-, {}^8\text{B}){}^6\text{H}$	$< 5 \times 10^{-6}$	Агабабян Н.М. и др. <sup>/8/</sup>

Таким образом, можно считать, что вопрос о существовании тяжелых водородных ядер еще не решен и необходимы дальнейшие эксперименты в этой области.

Целью настоящей работы является поиск ядер  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$ , образующихся при поглощении отрицательных  $\pi^-$ -мезонов ядрами  ${}^7\text{Li}$ . В реакциях захвата медленных  $\pi^-$ -мезонов ядрами  ${}^7\text{Li}$  число каналов ограничено, и при вылете двух заряженных частиц возможны следующие реакции двухлучевого типа без нейтральной частицы:

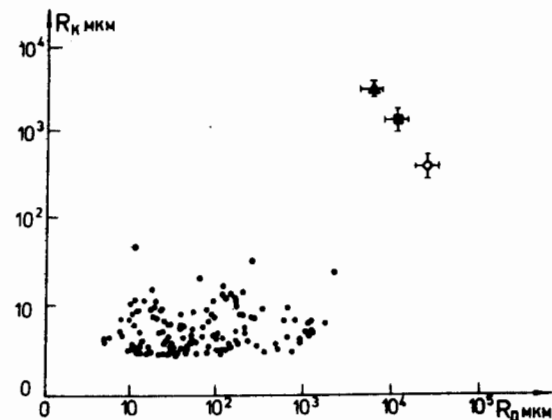


Реакции /1/-/3/ могут быть легко выделены по двум критериям: направления следов конечных продуктов реакций должны быть коллинеарны, а их полные энергии - обладать определенными значениями.

Кинетическая энергия ядер  ${}^3\text{H}$  и  ${}^4\text{H}$  для канала /1/ равна 61,4 и 46,1 МэВ соответственно, энергия  ${}^2\text{H}$  и  ${}^5\text{H}$  для канала /2/ - 72,0 и 29,2 МэВ, а энергия изотопов  ${}^1\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$  в реакции /3/ составляет 84,4 и 14,6 МэВ в предположении нулевой энергии связи для  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$ .

Эффективным методом регистрации изотопов водорода с такими энергиями независимо от углов их вылета является метод ядерных фотоэмульсий. Слои фотоэмульсии "Ильфорд-K5" размером  $5 \times 5 \text{ см}^2$  и толщиной 600 мкм, наполненные ядрами  ${}^7\text{Li}$  /32 мг/см<sup>3</sup> /, были изготовлены в Центре ядерных исследований Страсбурга-Кроненбурга /Франция/. Методические вопросы, связанные с изготовлением фотоэмульсионной камеры и постановкой эксперимента, подробно рассмотрены в работе /10/.

При просмотре фотоэмульсионных слоев в Дубне и Улан-Баторе было зарегистрировано 1986 двухлучевых  $\sigma^-$ -звезд. Пробеги заряженных частиц в фотоэмульсии определялись с точностью 2,5 мкм, а пространственные углы между ними - от  $5^\circ$  до  $1^\circ$  в зависимости от длины пробегов. В Софии отбирались события с вторичными следами, коллинеарными в границах трехкратной ошибки измерения пространственных углов. Корреляция между короткими  $R_K$  и длинными  $R_D$  пробегами для 134 таких двухлучевых событий приведена на рисунке. Из рисунка видно, что в области соотношения пробегов, соответствующего изотопам водорода с массовыми числами 4,5 и 6, с энергией связи в интервале  $+20 \div -20$  МэВ, для двухчастичных каналов реакций  $\pi^-$ -захвата ядрами  ${}^7\text{Li}$  экспериментально не обнаружено ни одного события.



Корреляция между короткими  $R_K$  и длинными  $R_D$  пробегами для двухлучевых  $\sigma^-$ -звезд в эмульсии, загруженной ядрами  ${}^7\text{Li}$ , с углом между лучами  $\sim 180^\circ$  в пределах трехкратной ошибки измерения:  $\blacktriangle$  - величины пробегов изотопов водорода от реакции  $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^3\text{H} + {}^4\text{H}$ ;  $\blacksquare$  - от реакции  $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^2\text{H} + {}^5\text{H}$ ;  $\circ$  - от реакции  $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow p + {}^6\text{H}$ .

Для оценки верхней границы относительной вероятности образования ядер  ${}^4\text{H}$ ,  ${}^5\text{H}$  и  ${}^6\text{H}$  в реакциях /1/-/3/ мы использовали распределение остановок  $\pi^-$ -мезонов по отдельным компонентам загруженной фотоэмульсии /11/ и соотношение числа захватов  $\pi^-$ -мезонов в легких и тяжелых ядрах для двухлучевых звезд /12/.

Исходя из этих данных находим, что на уровне достоверности 90% относительные вероятности

$$W_1 = \frac{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^3\text{H} + {}^4\text{H}}{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \text{все каналы}},$$

$$W_2 = \frac{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^2\text{H} + {}^5\text{H}}{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \text{все каналы}},$$

$$W_3 = \frac{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^1\text{H} + {}^6\text{H}}{\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \text{все каналы}}$$

не превышают  $1,2 \times 10^{-3}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базь А.И., Гольданский В.И., Зельдович Я.Б. УФН, 1965, 85, с.465.
2. Argan P.E. et al. Suppl.Nuov.Cim., 1965, 3, p.245.
3. Fiarman S., Meyerhof N.E. Nucl.Phys., 1973, A206, p.1-64.
4. Ajzenberg-Selove F., Lauritsen T. Nucl.Phys., 1974, A227, p.1-224.
5. Cohen R.C. et al. Phys.Lett., 1965, 14, p.242.
6. Minehart R.C. et al. Phys.Rev., 1969, 177, p.1455.
7. Nefkens V.M.K. Phys.Rev., 1963, 10, p.55.
8. Агабабян Н.М. и др. ЯФ, 1972, 15, с.18.
9. Booth N.E. et al. Nucl.Phys., 1968, A119, p.223.
10. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1977, 2 /8/, с.249.
11. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1967, 6, с.1151.
12. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1980, 31 /5/, с.1154.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 ноября 1980 года.