

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2413/83

10/5-83

1-83-98

Ю.А.Батусов, В.М.Сидоров, Ц.П.Спасов¹,
Д.Тувдендорж², Х.М.Чернев¹

ПОИСКИ ЛЕГЧАЙШИХ НЕЙТРОННЫХ
ЯДЕР 3_n , 4_n И 5_n .
В ПРОЦЕССАХ ЯДЕРНОГО ЗАХВАТА ПИОНОВ

¹ Институт ядерных исследований
и ядерной энергетики, София.

² Институт физики и математики, Улан-Батор.

1983

Вопрос о существовании ядер или резонансных состояний, куда входили бы одни лишь нейтроны, стимулировал в последнее время множество теоретических и экспериментальных исследований. Среди них особое место занимают поиски легчайших нейтронных ядер.

Результаты теоретического анализа свойств известных легких изотопов показывают^{/1/}, что точное число возможных легчайших ядер нельзя получить экстраполированием. Так, например, отсутствие двухнейтронной ядерной системы, которое в настоящее время считается доказанным, не исключает существования более тяжелых нейтронных образований. Однако попытки предсказать теоретически наличие ядер ${}^3_0\text{n}$, ${}^4_0\text{n}$ и ${}^5_0\text{n}$ весьма противоречивы^{/1-3/}. Обзорный обзор^{/4,6/} экспериментальных данных показывает, что поиски легчайших нейтронных ядер в стабильном состоянии имели до сих пор отрицательный или неопределенный результат, и их существование маловероятно. Что же касается возможных ядерных состояний типа резонансов, то вопрос о них остается открытым. Обзор результатов экспериментальных исследований, посвященных поиску ${}^3_0\text{n}$, ${}^4_0\text{n}$ и ${}^5_0\text{n}$ в процессах ядерного захвата пионов, приведен в таблице.

Таблица

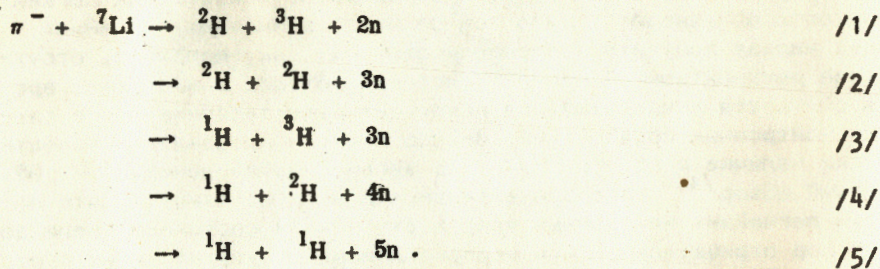
Экспериментальные данные о поисках образования ${}^3_0\text{n}$, ${}^4_0\text{n}$ и ${}^5_0\text{n}$ в процессах ядерного захвата пионов

Ядро	Реакция	Относительная вероятность на акт захвата π^- -мезона	Авторы
${}^3_0\text{n}$	${}^7\text{Li}(\pi^-, {}^4\text{He}){}^3_0\text{n}$	$< 1,2 \cdot 10^{-3}$	Батусов Ю.А. и др. ^{/7/}
	${}^{14}\text{N}(\pi^-, {}^3\text{H}^8\text{B}){}^3_0\text{n}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	Агабабян Н.М. и др. ^{/8/}
${}^4_0\text{n}$	${}^7\text{Li}(\pi^-, {}^3\text{He}){}^4_0\text{n}$	$< 5 \cdot 10^{-4}$	Cohen R.C. et al. ^{/9/}
	${}^7\text{Li}(\pi^-, {}^3\text{He}){}^4_0\text{n}$	$< 1,2 \cdot 10^{-3}$	Батусов Ю.А. и др. ^{/7/}
	${}^{12}\text{C}(\pi^-, {}^8\text{B}){}^4_0\text{n}$	$< 2,6 \cdot 10^{-6}$	Батусов Ю.А. и др. ^{/10/}
${}^5_0\text{n}$	${}^{14}\text{N}(\pi^-, {}^2\text{H}^8\text{B}){}^4_0\text{n}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	Агабабян Н.М. и др. ^{/8/}
	${}^{14}\text{N}(\pi^-, {}^1\text{H}^8\text{B}){}^5_0\text{n}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	Агабабян Н.М. и др. ^{/8/}

Таким образом можно считать, что вопрос о существовании легчайших нейтронных ядер еще не решен, и новые эксперименты в этой области представляют большой интерес.

Настоящая работа является продолжением исследования ^{17/}, в котором в фотоэмульсии, загруженной ядрами ⁷Li, проводились поиски нейтронных ядер ³n и ⁴n в процессах захвата остановившихся π^- -мезонов ядрами лития с вылетом только одной заряженной частицы. Ядра, состоящие из трех или четырех нейтронов, не были обнаружены /см. таблицу/.

Нейтронные ядра могли бы образоваться и в двухлучевых реакциях захвата π^- -мезонов ядрами ⁷Li:



В фотоэмульсионных камерах, одна из которых была наполнена ядрами ⁷Li в количестве 32 мг/см³, а другие собраны из стандартных слоев ^{17/}, были зарегистрированы и измерены двухлучевые события от захвата π^- -мезонов ядрами в фотоэмульсии. Методические вопросы, связанные с изготовлением камер и постановкой эксперимента, подробно рассмотрены в работах ^{11/}, в которых проводились поиски новых изотопов водорода /⁴H, ⁵H, ⁶H/ в процессах захвата остановившихся пионов ядрами лития.

Для реакций /1/-/5/ были построены спектры недостающих масс нескольких нейтронов для 1986 событий двухлучевого типа, зарегистрированных в загруженной литием фотоэмульсии, согласно кинематике этих реакций. Эти спектры, вместе с соответствующими фазовыми кривыми и нормированными спектрами для 998 фоновых событий в стандартной эмульсии, приведены на рис.1. Ошибка измерения недостающих масс $\Delta M = +1$ МэВ.

Из рассмотрения экспериментальных спектров недостающих масс видно, что они сильно сдвинуты в сторону больших значений масс и значительная часть событий попадает в область, где фазовый объем равен нулю или очень мал. Такой сдвиг можно объяснить фоном от двухлучевых реакций захвата π^- -мезонов другими ядрами, входящими в состав фотоэмульсии, кроме ⁷Li. Это предположение подтверждается спектрами недостающих масс двухлучевых событий в стандартной эмульсии, которые по форме и положению не отличаются от спектров событий в загруженной литием эмульсии /см.рис.1/.

В спектрах недостающих масс нескольких нейтронов для реакций /1/-/5/ не видно наличия каких-либо выделенных пиков, соответст-

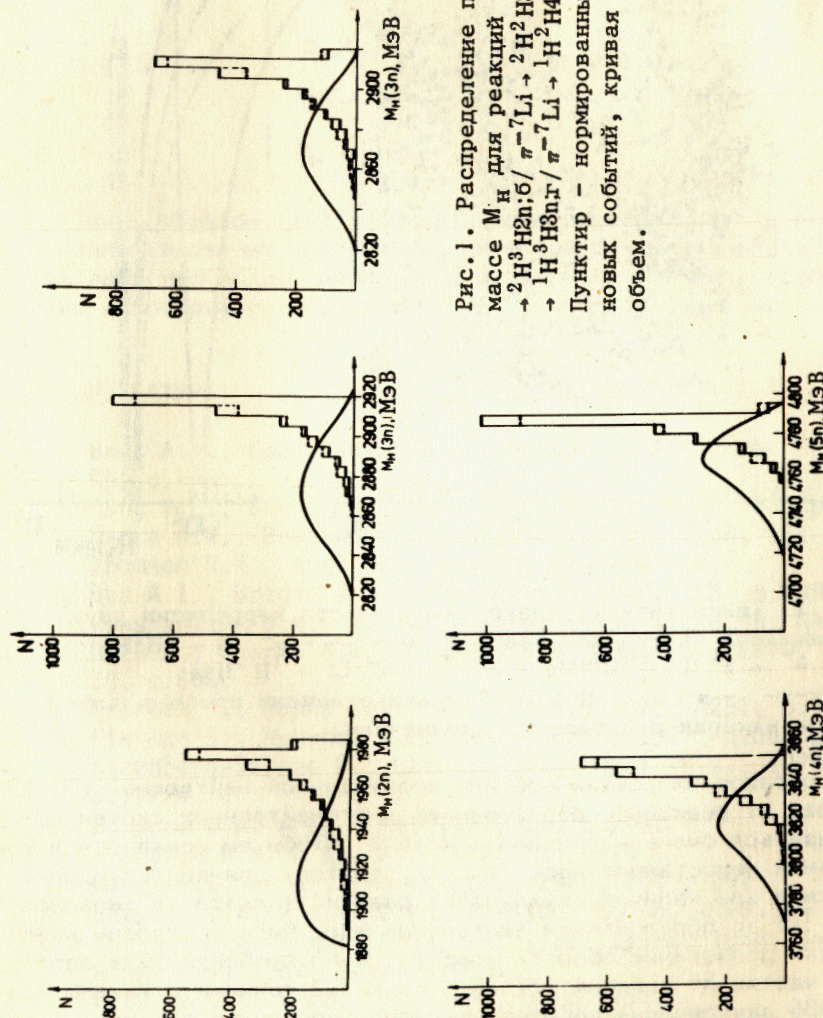


Рис.1. Распределение по недостающей массе M_n для реакций а/ π^- ⁷Li \rightarrow ²H³H2n; б/ π^- ⁷Li \rightarrow ²H²H3n; в/ π^- ⁷Li \rightarrow ¹H³H3n; г/ π^- ⁷Li \rightarrow ¹H²H4n; д/ π^- ⁷Li \rightarrow ¹H¹H5n. Пунктир - нормированный спектр фоновых событий, кривая - фазовый объем.

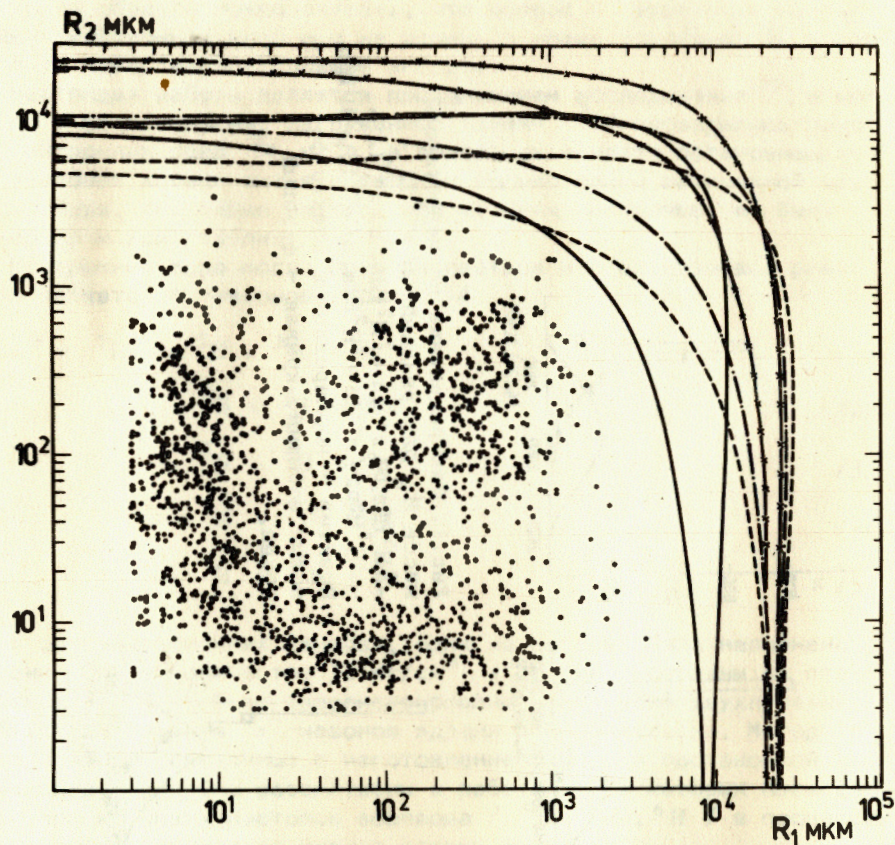


Рис.2. Кинематически допустимые области корреляции двух заряженных частиц для реакций: ———— $\pi^- {}^7\text{Li} \rightarrow {}^2\text{H}^2\text{H}^3\text{n}$; - - - - $\pi^- {}^7\text{Li} \rightarrow {}^1\text{H}^3\text{H}^3\text{n}$; - · - · - $\pi^- {}^7\text{Li} \rightarrow {}^1\text{H}^2\text{H}^4\text{n}$ и -x-x- $\pi^- {}^7\text{Li} \rightarrow {}^1\text{H}^1\text{H}^5\text{n}$. Точками отмечены пробеги частиц в камере с литиевым наполнением.

вующих образованию связанной или возбужденной нейтронной системы. Вклад от реакций с образованием многонейтронных систем может оказаться очень маленьким для того, чтобы он проявился в распределении недостающих масс /рис.1/, поэтому для подтверждения отсутствия или наличия двухлучевых реакций захвата π^- -мезонов ядрами ${}^7\text{Li}$ с образованием нейтронных ядер были построены кинематически допустимые области корреляции по пробегам двух заряженных частиц от реакций /2/-/5/. На рис.2 точками отмечены пробеги 1986 двухлучевых событий, зарегистрированных в камере с литиевым наполнением; кривые соответствуют допустимым корреляционным областям. Видно, что ни одно из событий не находится в областях, ограниченных кривыми Далица. Из этого следует, что полу-

ченные результаты позволяют оценить лишь верхние границы относительных вероятностей образования 3-, 4- и 5-нейтронных систем в исследуемых реакциях пионного захвата. Для определения этих границ использовано распределение π^- -остановок по отдельным компонентам загруженной эмульсии^{/12/} и соотношение числа π^- -захватов в легких и тяжелых ядрах для двухлучевых звезд^{/13/}. Найдено, что на 90% уровне достоверности относительные вероятности

$$W(\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \left. \begin{array}{l} {}^2\text{H} + {}^2\text{H} + {}^3\text{n} \\ {}^1\text{H} + {}^3\text{H} + {}^3\text{n} \\ {}^1\text{H} + {}^2\text{H} + {}^4\text{n} \\ {}^1\text{H} + {}^1\text{H} + {}^5\text{n} \end{array} \right\} < 1,2 \cdot 10^{-3}.$$

Таким образом, для окончательного решения вопроса о существовании связанных или возбужденных состояний легчайших нейтронных ядер необходимы дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базь А.И., Гольданский В.И., Зельдович Я.Б. УФН, 1965, 85, с.465.
2. Tang Y.C., Bayman B.F. Phys.Rev.Lett., 1965, 15, p.165; Mitra A.N., Bhasin V.S. Phys.Rev.Lett., 1966, 16, p.523; Thomson D.R. Nucl.Phys., 1970, A143, p.304.
3. Baz A.I., Bragin V.N. Phys.Lett., 1972, 39B, p.599; Гольданский В.И. Письма в ЖЭТФ, 1973, 17, с.56; Антонченко В.Я., Брагин В.Н., Сименюг И.В. Письма в ЖЭТФ, 1974, 19, с.606.
4. Fiarman S., Hanna S.S. Nucl.Phys., 1975, A251, p.1.
5. Fiarman S., Myerhof W.E. Nucl.Phys., 1973, A206, p.1-64.
6. Ajzenberg-Selove F., Lauritsen T. Nucl.Phys., 1974, A227, p.1-224.
7. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1977, 26, с.249.
8. Агабабян Н.М. и др. ЯФ, 1972, 15, с.18.
9. Cohen R.C. et al. Phys.Lett., 1965, 16, p.292.
10. Батусов Ю.А. и др. ОИЯИ, P1-3306, Дубна, 1967.
11. Батусов Ю.А. и др. ОИЯИ, 1-80-766, Дубна, 1980; Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1982, 3/9/, с.578.
12. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1967, 6, с.1151.
13. Батусов Ю.А. и др. ЯФ, 1980, 31/5/, с.1154.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 февраля 1983 года.

Батусов Ю.А. и др.

1-83-98

Поиски легчайших нейтронных ядер 3_n , 4_n и 5_n
в процессах ядерного захвата пионов

В фотоэмульсионной камере, заполненной ядрами ${}^7\text{Li}$, проведены поиски легчайших нейтронных ядер 3_n , 4_n и 5_n в процессах ядерного захвата пионов. Не найдено ни одного события. Получено, что верхняя граница относительной вероятности образования этих ядер в трехчастичных каналах захвата не превышает $1,2 \cdot 10^{-3}$ на 90% уровне достоверности.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Batusov Yu.A. et al.

1-83-98

Search for Light 3_n , 4_n and 5_n Neutron Nuclei
in Pion Nuclear Capture Processes

A search for the existence of the light neutron nuclei 3_n , 4_n and 5_n has been made using the processes of pion nuclear capture in a photoemulsion chamber filled with ${}^7\text{Li}$ nuclei. No event has been found giving an upper limit of $1,2 \cdot 10^{-3}$ for the relative probability of production of these nuclei in three-particle capture channels with 90% confidence.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.