

6/14-71

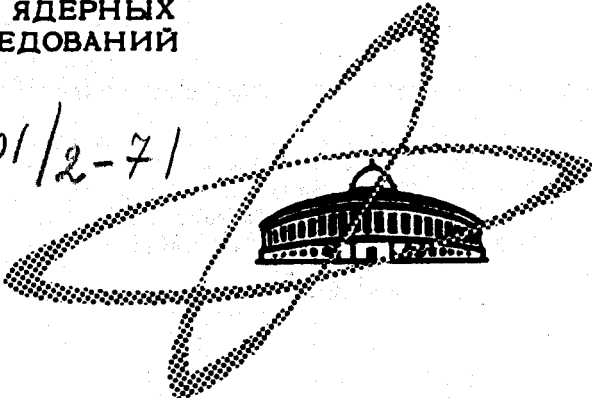
A-23

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3101/2-71

P1 - 5892



Н.М. Агабабян , Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов,  
Г.Р. Гулканян , В.М. Сидоров, В.А. Ямба

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ОБРАЗОВАНИЕ  $^8\text{B}$  ПРИ ЗАХВАТЕ  
ОСТАНОВИВШИХСЯ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
ЯДРАМИ АЗОТА

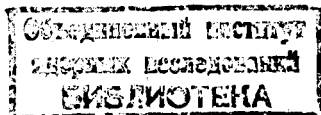
1971

P1 - 5892

Н.М. Агабабян\*, Ю.А. Батусов, С.А. Бунатов,  
Г.Р. Гулканян\*\*, В.М. Сидоров, В.А. Ярба\*\*\*

ОБРАЗОВАНИЕ  $\delta$  В ПРИ ЗАХВАТЕ  
ОСТАНОВИВШИХСЯ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
ЯДРАМИ АЗОТА

*Направлено в ЯФ*



- 
- Физический институт, Ереван
  - Ереванский государственный университет.
  - ИФВЭ, Серпухов.

Настоящая работа является продолжением работ /1,2/, в которых исследовалось образование ядер  ${}^8\text{Li}$  при захвате остановившихся  $\pi^-$ -мезонов ядрами  $\text{C}, \text{N}, \text{O}$ .

Среди 18000  $\sigma$ -звезд с T-образным следом было зарегистрировано 1500 событий двухлучевого типа.

Было показано, что в таких событиях ядра  ${}^8\text{Li}$  образуются в основном в реакции



Относительная вероятность этого канала была получена равной  $2,2 \cdot 10^{-4}$ .

Предварительный анализ, проведенный там же /1,2/, показал, что по характеру энергетического спектра ядер отдачи события, не относящиеся к реакции (1), принадлежат в основном к реакциям с образованием фрагмента  ${}^8\text{B}$  на ядрах азота и кислорода с вылетом нескольких нейтронов.

Фрагменты  ${}^8\text{B}$  могут рождаться в следующих реакциях двухлучевого типа:



Двухчастичная реакция (8) могла бы быть легко идентифицирована (два "молотка"). Она исследовалась ранее /1/, однако не было обнаружено ни одного случая, принадлежащего этой реакции.

В данной работе с помощью программы кинематического анализа /3/, в котором используется метод наименьших квадратов, произведено выделение двухлучевых событий с фрагментом  ${}^8\text{B}$ . События считались принадлежащими к реакциям с образованием  ${}^8\text{Li}$  в случае, если значение  $\chi^2 \leq 5$ . В результате проведенного анализа было получено, что 532 события имели  $\chi^2 > 5$ . Эти события могли принадлежать реакциям с образованием  ${}^8\text{B}$ . Для них был построен энергетический спектр  ${}^8\text{B}$  (рис. 16). На том же рисунке для сравнения приведен энергетический спектр  ${}^8\text{Li}$  (рис. 1а) для реакций двухлучевого типа, идущих с образованием этого фрагмента. Кулоновский барьер для вылета  ${}^8\text{B}$  из тяжелых ядер эмульсии  $\approx 26$  Мэв (для  ${}^8\text{Li}$  этот барьер  $\approx 15$  Мэв). С учётом этого из рис. 1 видно, что подавляющее большинство фрагментов  ${}^8\text{B}$  образовалось в реакциях захвата  $\pi^-$ -мезонов легкими ядрами эмульсии.

Для идентификации реакции (7) был проведен просмотр событий на предмет поиска электронного следа от  $\beta$ -распада  ${}^6\text{He}$ . Не было найдено ни одного случая этой реакции.

Для реакций (2-6) были построены спектры недостающих масс нескольких нейтронов для всех событий в соответствии с кинематикой этих реакций.

Эти спектры вместе с соответствующими фазовыми кривыми приведены на рис. 2.

Из рассмотрения экспериментальных спектров недостающих масс видно, что для реакций на кислороде они сильно сдвинуты в сторону малых значений масс и значительная часть событий попадает в область, где фазовый объем равен нулю или очень мал. Такой сдвиг можно объяснить фоном от реакций с образованием  ${}^8\text{B}$  на азоте. Было произведено моделирование реакций (2-4) с последующей имитацией реакций на кислороде. Результаты моделирования показывают, что ход спектров недостающих масс в реакциях на кислороде объясняется значительным вкладом от реакций на азоте.

Чтобы определить полное число событий в  ${}^8\text{B}$ , необходимо примесь этих событий в реакцию (1) с  ${}^8\text{Li}$  на углероде

Эта примесь была оценена после моделирования реакций, которая оказалась равной 20+25% от общего количества случаев с  ${}^8\text{B}$ . Этого вклада полное число событий с  ${}^8\text{B}$  равно 630.

Относительная вероятность образования  ${}^8\text{B}$  в реакциях числялась аналогично работе /1/ и получена равной:

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow \begin{cases} {}^8\text{B} + p + 5n \\ {}^8\text{B} + {}^2\text{H} + 4n \\ {}^8\text{B} + {}^3\text{H} + 3n \end{cases}) = (1+1,3) \cdot 10^{-3}.$$

Реакции (2-4) представляют интерес с точки зрения исследования образования связанных состояний нескольких нейтронов ( $n^3$ )

В работе /4/ сообщалось о поисках  $n^4$  в реакции  $\pi^- + {}^{14}\text{N}$  в эмульсии. Относительная вероятность образования  $n^4$  в этой реакции  $< 2,8 \cdot 10^{-6}$ . В спектрах недостающих масс нескольких нейтронов (2-4) также не видно наличия каких-либо выделенных пику соответствующих образованию связанной системы из нескольких нейтронов с энергией связи порядка 1 Мэв. Поэтому приводятся лишь верхние вероятности образования связанных трех-, четырех- и пяти-нейтронных систем с массами, равными сумме масс соответствующего числа нейтронов с разбросом  $\Delta M = \pm 0,8$  Мэв ( $\Delta M$  - ошибка измерения длины волны недостающей массы).

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + p + n^5) < 1 \cdot 10^{-5},$$

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^2\text{H} + n^4) < 1 \cdot 10^{-5},$$

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^3\text{H} + n^3) < 1 \cdot 10^{-5}.$$

С точки зрения поиска нейтроноизбыточного ядра  ${}^6\text{H}$  представляет интерес реакция  $\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^6\text{H}$ . Она могла быть легко обнаружена по двум критериям: следы вторичных частиц должны быть короткими, а длины должны иметь определенные значения. Ни одно из исследованных событий не удовлетворяло этим критериям. Верхняя граница вероятности образования  ${}^6\text{H}$  на азоте равна:

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^6\text{H}) < 5 \cdot 10^{-6}.$$

Двухчастичная реакция (8) могла бы быть легко идентифицирована (два "молотка"). Она исследовалась ранее /1/, однако не было обнаружено ни одного случая, принадлежащего этой реакции.

В данной работе с помощью программы кинематического анализа/3/, в котором используется метод наименьших квадратов, произведено выделение двухлучевых событий с фрагментом  ${}^8\text{B}$ . События считались принадлежащими к реакциям с образованием  ${}^8\text{Li}$  в случае, если значение  $\chi^2 \leq 5$ . В результате проведенного анализа было получено, что 532 события имели  $\chi^2 > 5$ . Эти события могли принадлежать реакциям с образованием  ${}^8\text{B}$ . Для них был построен энергетический спектр  ${}^8\text{B}$  (рис. 1б). На том же рисунке для сравнения приведен энергетический спектр  ${}^8\text{Li}$  (рис. 1а) для реакций двухлучевого типа, идущих с образованием этого фрагмента. Кулоновский барьер для вылета  ${}^8\text{B}$  из тяжелых ядер эмульсии  $\approx 26$  Мэв (для  ${}^8\text{Li}$  этот барьер  $\approx 15$  Мэв). С учетом этого из рис. 1 видно, что подавляющее большинство фрагментов  ${}^8\text{B}$  образовалось в реакциях захвата  $\pi^-$ -мезонов легкими ядрами эмульсии.

Для идентификации реакции (7) был проведен просмотр событий на предмет поиска электронного следа от  $\beta$ -распада  ${}^6\text{He}$ . Не было найдено ни одного случая этой реакции.

Для реакций (2-6) были построены спектры недостающих масс нескольких нейтронов для всех событий в соответствии с кинематикой этих реакций.

Эти спектры вместе с соответствующими фазовыми кривыми приведены на рис. 2.

Из рассмотрения экспериментальных спектров недостающих масс видно, что для реакций на кислороде они сильно сдвинуты в сторону малых значений масс и значительная часть событий попадает в область, где фазовый объем равен нулю или очень мал. Такой сдвиг можно объяснить фоном от реакций с образованием  ${}^8\text{B}$  на азоте. Было произведено моделирование реакций (2-4) с последующей имитацией реакций на кислороде. Результаты моделирования показывают, что ход спектров недостающих масс в реакциях на кислороде объясняется значительным вкладом от реакций на азоте.

Чтобы определить полное число событий в  ${}^8\text{B}$ , необходимо оценить примесь этих событий в реакцию (1) с  ${}^8\text{Li}$  на углеводе.

Эта примесь была оценена после моделирования реакций (2-4) и оказалась равной 20±25% от общего количества случаев с  ${}^8\text{B}$ . С учетом этого вклада полное число событий с  ${}^8\text{B}$  равно 630.

Относительная вероятность образования  ${}^8\text{B}$  в реакциях на азоте вычислялась аналогично работе /1/ и получена равной:

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow \begin{cases} {}^8\text{B} + p + 5n \\ {}^8\text{B} + {}^2\text{H} + 4n \\ {}^8\text{B} + {}^3\text{H} + 3n \end{cases}) = (1 \pm 1,3) \cdot 10^{-3}.$$

Реакции (2-4) представляют интерес с точки зрения исследования образования связанных состояний нескольких нейтронов ( $n^3$ ,  $n^4$  и  $n^5$ ).

В работе /4/ сообщалось о поисках  $n^4$  в реакции  $\pi^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^8\text{B} + n^4$  в эмульсии. Относительная вероятность образования  $n^4$  в этой реакции  $< 2,6 \cdot 10^{-6}$ . В спектрах недостающих масс нескольких нейтронов для реакций (2-4) также не видно наличия каких-либо выделенных пиков, соответствующих образованию связанной системы из нескольких нейтронов с энергией связи порядка 1 Мэв. Поэтому приводятся лишь верхние границы вероятностей образования связанных трех-, четырех- и пятинейтронных систем с массами, равными сумме масс соответствующего числа нейтронов с разбросом  $\Delta M = \pm 0,8$  Мэв ( $\Delta M$  - ошибка измерения для соответствующей недостающей массы).

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + p + n^5) < 1 \cdot 10^{-5},$$

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^2\text{H} + n^4) < 1 \cdot 10^{-5},$$

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^3\text{H} + n^3) < 1 \cdot 10^{-5}.$$

С точки зрения поиска нейтроноизбыточного ядра  ${}^6\text{H}$  представляет интерес реакция  $\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^6\text{H}$ . Она могла быть легко выделена по двум критериям: следы вторичных частиц должны быть коллинеарны и их длины должны иметь определенные значения. Ни одно из исследуемых событий не удовлетворяло этим критериям. Верхняя граница вероятности образования  ${}^6\text{H}$  на азоте равна:

$$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^6\text{H}) < 5 \cdot 10^{-6}.$$

Из результатов настоящей работы следует, что в 630 событиях двухлучевого типа происходит образование  ${}^8\text{B}$ . Это составляет 3,5% общего числа 18000  $\sigma$ -звезд с T-образными следами.

В работах /5/ было показано, что ~3% T-образных следов ("молотков") в звездах, образованных частицами высокой энергии, принадлежало ядрам  ${}^8\text{B}$ . Если предположить, что выход  ${}^8\text{B}$  не зависит от типа событий, то можно сделать вывод о том, что ядра  ${}^8\text{B}$  при захвате остановившихся  $\pi^-$ -мезонов образуются в основном в двухлучевых событиях на ядрах азота.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ, 9, 1151(1967).
2. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, Ю.С. Чайка, Хр.М. Чернев, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, P1-4309, Дубна, 1969.
3. Н.М. Агабабян, Г.Р. Гулканян, Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, 10-5891, Дубна, 1971.
4. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, P1-3306, Дубна, 1967.
5. W. Gajewski, J. Pniewski a.o. Nucl. Phys., 37, 226 (1962);  
G. Bauman, H. Brawn, P. Cüer. Phys. Lett., 9, 146 (1964);  
B. Bhowmik, T. Chand and D.V. Chopra. Nuovo Cim., 53A, 400 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел

25 июня 1971 года.

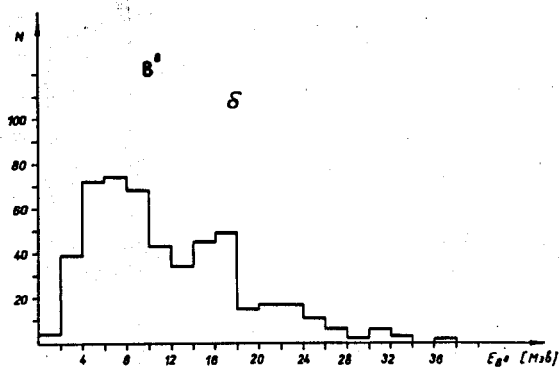
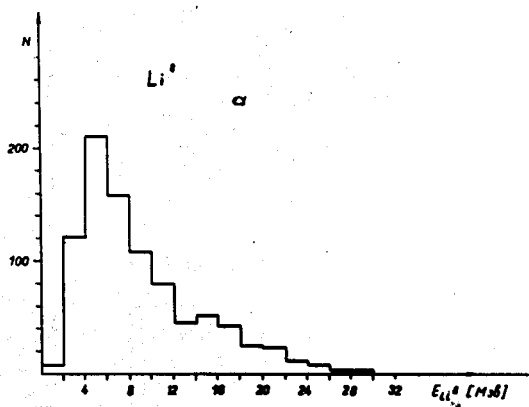


Рис. 1. Энергетические спектры  ${}^8\text{Li}$  (1a) и  ${}^8\text{B}$  (16) для событий двухлучевого типа.



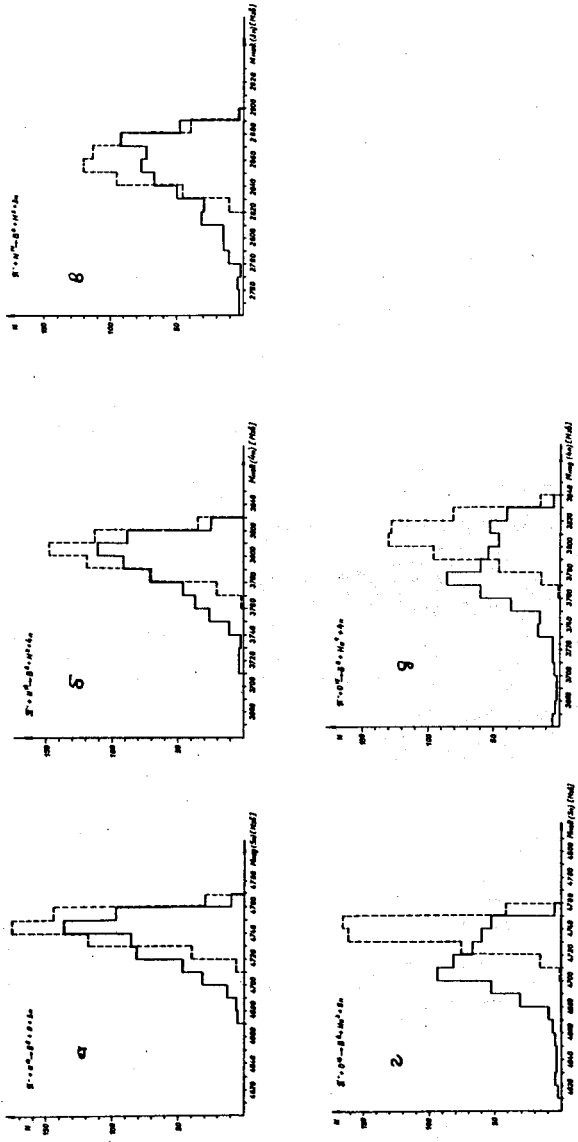


Рис. 2. Распределение по недостающей массе для реакций:

- а)  $\pi^- + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + 2\text{H} + 5\text{n}$ ,
- б)  $\pi^- + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + 2\text{H} + 4\text{n}$ ,
- в)  $\pi^- + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + 3\text{H} + 3\text{n}$ ,
- г)  $\pi^- + {}^{16}_8\text{O} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + 3\text{He} + 5\text{n}$ ,
- д)  $\pi^- + {}^{16}_8\text{O} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + 4\text{He} + 4\text{n}$ .

Пунктир — фазовая кривая.