

23/x-69

Б-287

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P1 - 4708



Ю.А.Батусов, Б.Ж.Залиханов, В.М.Сидоров,
Д.Тувдендорж, В.А.Ярба

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ОБРАЗОВАНИЕ ЯДЕР ${}^8\text{Li}$ И ${}^8\text{B}$
ПРИ ДВОЙНОЙ ПЕРЕЗАРЯДКЕ π^- -МЕЗОНОВ

1969

P1 - 4708

Ю.А.Батусов, Б.Ж.Залиханов, В.М.Сидоров,
Д.Тувдендорж, В.А.Ярба

ОБРАЗОВАНИЕ ЯДЕР ^8Li И ^8B
ПРИ ДВОЙНОЙ ПЕРЕЗАРЯДКЕ π^- -МЕЗОНОВ

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БРЕЖНЕВЦА

8035/2 up

При изучении образования мезонов мезонами и двойной перезарядки π^- -мезонов в эмульсионных камерах было зарегистрировано 30000 взаимодействий типа



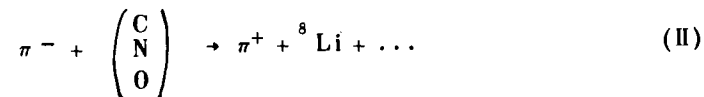
в интервале энергий первичных мезонов 200–300 Мэв.

Этот цикл экспериментов был проведен в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Постановка опытов и метод регистрации событий описаны в работах /1-4/.

При последующем анализе звезд, образованных π^- -мезонами, отбирались такие, в которых среди вторичных лучей присутствовал T-образный след. Было зарегистрировано 120 событий такого типа. Известно, что T-образные следы наблюдаются в основном при испускании ядер ${}^8\text{Li}$. Образование ядер ${}^8\text{B}$ - маловероятно /5-7/. Пробеги ядер ${}^8\text{Li}$ измерялись на микроскопе МБИ-9 с точностью 1,5 мк. Средний остаточный пробег для зарегистрированных событий составляет 9 мк.

Энергетические и угловые распределения ядер ${}^8\text{Li}$ представлены на рис. 1. Из рисунка видно, что их энергия не превышает кулоновского барьера для тяжелых ядер (Ag, Br) фотоэмульсии (≈ 15 Мэв). Поэтому можно считать, что все они образованы при взаимодействии π^- -мезонов с ядрами углерода, азота или кислорода.

На основании этих данных были вычислены полные сечения процесса



для трех значений энергии π^- -мезонов (см. табл. 1).

Таблица 1

Энергия первичного π^- -мезона /Мэв/	200 ± 6	222 ± 5	276 ± 10
Полное сечение реакции $\pi^- + \begin{pmatrix} C \\ N \\ O \end{pmatrix} \rightarrow \pi^+ + {}^8\text{Li} + \dots$ [10^{-30} см 2]	$2,8 \pm 1,0$	$6,5 \pm 1,4$	$4,8 \pm 1,8$

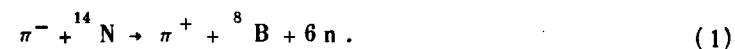
Из работ /8-9/ можно определить, что из всех взаимодействий π^- -мезонов с ядрами в фотоэмульсии доля взаимодействий с легкими ядрами составляет примерно одну треть. Следовательно, вероятность образования ядра ${}^8\text{Li}$ в процессе (II) равна $120/30000 \cdot \frac{1}{3} = 1,2 \cdot 10^{-2}$. Можно отметить, что эта вероятность при захвате медленных отрицательных π^- -мезонов ядрами C, N, O, по данным работ /10-11/, составляет $0,5 \cdot 10^{-2}$. Таким образом, видим, что при двойной перезарядке π^- -мезонов ядро ${}^8\text{Li}$ образуется с большей вероятностью. Возможно, это является следствием того, что при взаимодействии π^- -

мезона с ядром при испускании вторичного π^+ -мезона остаток ядра "переполнен" нейтронами.

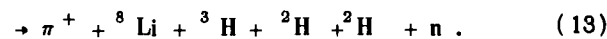
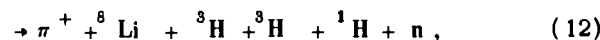
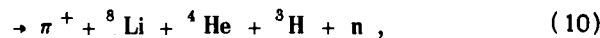
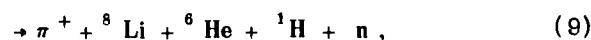
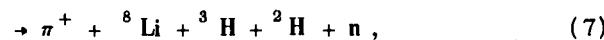
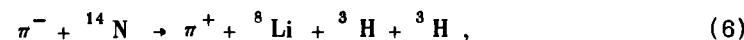
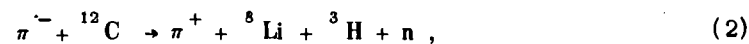
Взаимодействие π^- -мезона с ядрами C, N, O в процессе (II) характерно тем, что после испускания из легкого ядра такого фрагмента, как ${}^8\text{Li}$, даже при полном расщеплении остатка ядра может быть образовано не более трех заряженных частиц. Таким образом, полное число вторичных заряженных частиц в этом случае не будет превышать пяти. С другой стороны, оно не может быть меньше трех, так как масса ядра отдачи не больше массы испущенного тяжелого фрагмента и след этого ядра может быть зарегистрирован. Если же образуется ${}^8\text{B}$, то число вторичных заряженных частиц может быть только два в реакциях с азотом и три - с кислородом.

Таким образом, в рассматриваемых процессах на легких ядрах число вторичных заряженных частиц строго определено. Оказалось, что все зарегистрированные нами случаи удовлетворяют этим условиям. Лучевое распределение приведено на рис. 2. Для сравнения на том же рисунке показано лучевое распределение случаев от процесса (I) /4/.

Лучевые распределения отобранных случаев показывают, что два события могут быть отнесены к определенной реакции:



С помощью кинематического анализа мы попытались выделить и некоторые другие каналы реакций. В каждом событии измерялись длины пробегов всех следов вторичных заряженных частиц и углы, образуемые ими с направлением первичного мезона. Для выделения реакций проводился расчет по кинематической программе на ЭВМ. Таким способом можно было выделять события, относящиеся к реакциям, в которых все вторичные частицы заряжены или испускается один нейтрон. К таким реакциям относятся следующие:

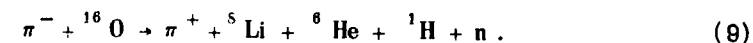


По результатам расчетов не было найдено ни одного случая реакций с испусканием только заряженных частиц (3,5,6,8,11). Верхняя граница сечения этих реакций с достоверностью 90% меньше, чем $0,4 \cdot 10^{-30} \text{ см}^2$.

Среди реакций с испусканием нейтрона в распределениях по недостающим массам в интервале (900–950) Мэв лишь для реакции (2) было замечено превышение эффекта над фоном (рис. 3). Оценка сечения этой

реакции дает величину $(3,0 \pm 1,5) \cdot 10^{-30} \text{ см}^2$. Таким образом, можно сделать вывод о том, что образование ${}^8\text{Li}$ при двойной перезарядке π^{-} -мезонов на легких ядрах в основном сопровождается вылетом двух или более нейтронов.

Среди зарегистрированных событий был обнаружен случай с образованием двух β -активных фрагментов, который может быть отнесен только к реакции



Другим β -активным фрагментом, кроме ${}^8\text{Li}$, является ядро ${}^6\text{He}$ (рис. 4). Кинематический расчет подтвердил, что обнаруженное событие соответствует данной реакции. Значение массы нейтрона получено равным $(939,8 \pm 5,0) \text{ Мэв}$.

Представляют несомненный интерес зарегистрированные события, относящиеся к реакции (1), которая сопровождается испусканием шести нейтронов. Исследование таких реакций может оказаться весьма перспективным в поисках связанных многонейтронных систем. Выполненные до сих пор эксперименты по поиску ядер, состоящих из одних нейтронов /12-13/, показывают, что не существует связанных состояний динейтрона и тетранейтрона. Попытки найти возбужденные состояния тетранейтрона продолжаются. В настоящее время не известно наименьшее число нейтронов, которые могут образовать устойчивую систему. Поиски системы из шести нейтронов, выполненные авторами работы /14/, не увенчались успехом. Верхняя граница сечения образования ядра ${}^6\text{n}$, полученная ими, меньше $10^{-30} \text{ см}^2/\text{стерад}$.

Зарегистрированные нами события реакции (1) позволяют оценить эффективную массу испущенных нейтронов. Энергетические характеристики зарегистрированных событий представлены в табл. 2.

Таблица 2

	Энергия первичного π^- -мезона (Мэв)	Энергия вторичного π^+ -мезона (Мэв)	Энергия ^8B (Мэв)	Величина недо- стающей массы M_{eff} ($M_{\text{eff}} - 6m_N$) (Мэв)	
Случай №1	174	48,7	1,9	5678,5	38,6
Случай №2	221	16	14,9	5756	71,5

В обоих случаях величина недостающей массы несколько больше массы шести нейтронов. Это свидетельствует о том, что мы не наблюдаем ядро ^6p в связанном состоянии. Полное сечение реакции (1), оцененное по этим двум случаям, равно $(1,3 + 0,9) \cdot 10^{-30} \text{ см}^2$.

Увеличение интенсивности мезонных пучков может позволить в будущем проводить систематические поиски многонейтронных систем, которые могут быть образованы в реакциях двойной перезарядки π^- -мезонов.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба, Г. Ионице, Е. Лозняну, В. Михул. ЯФ, 5, 354 (1967).
2. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ, 6, 998 (1967).
3. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ, 9, 150 (1969); Препринт ОИЯИ, Р1-3946, Дубна, 1968.
4. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба, Г. Ионице, Э. Лозняну, В. Михул, Д.Тувлендорж, Н. Далхажав. ЯФ, 9, 378 (1969); Препринт ОИЯИ, Р1-3947, Дубна, 1968.
5. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, Е-2774, Дубна, 1966; Phys. Lett., 22, 487 (1966).

6. A.Alumkal, A.G.Barkow, G.Kane, R.E.McDaniel, Z.O'Freil. Nuovo Cim., 17, 316 (1960).
7. В.В. Авдейчиков, Е.Л. Григорьев, О.В. Ложкин, Ю.П. Яковлев. Препринт ОИЯИ, Р-2093, Дубна, 1965.
8. M.Demeur et al. Nuovo Cim., 4, 509 (1956); P.Ammiraj, L.M.Lederman. Nuovo Cim., 4, 283 (1956); Д.К. Копылова, Ю.Б. Королева, Н.И. Петухова, М.И. Подгорецкий. Препринт ОИЯИ, Р-305, Дубна, 1959.
9. Ю.А. Батусов, В.И. Кочкин, В.М. Мальцев. ЯФ, 6, 158 (1967); Препринт ОИЯИ, Р1-4309, Дубна, 1969.
10. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ, 6, 1151 (1967).
11. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, Ю.С. Чайка, Хр. М. Чернев, В.А. Ярба. Препринт ОИЯИ, Р1-4309, Дубна, 1969.
12. А.И. Базь, В.И. Гольданский, Я.Б. Зельдович. УФН, 85, 445 (1965).
13. Ю.А. Батусов, С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, В.А. Ярба. ЯФ, 6, 1149 (1967).
14. O.D.Brill, N.J.Venikov, A.A.Euraschov et al. Phys.Lett., 12, 51 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 сентября 1969 года.

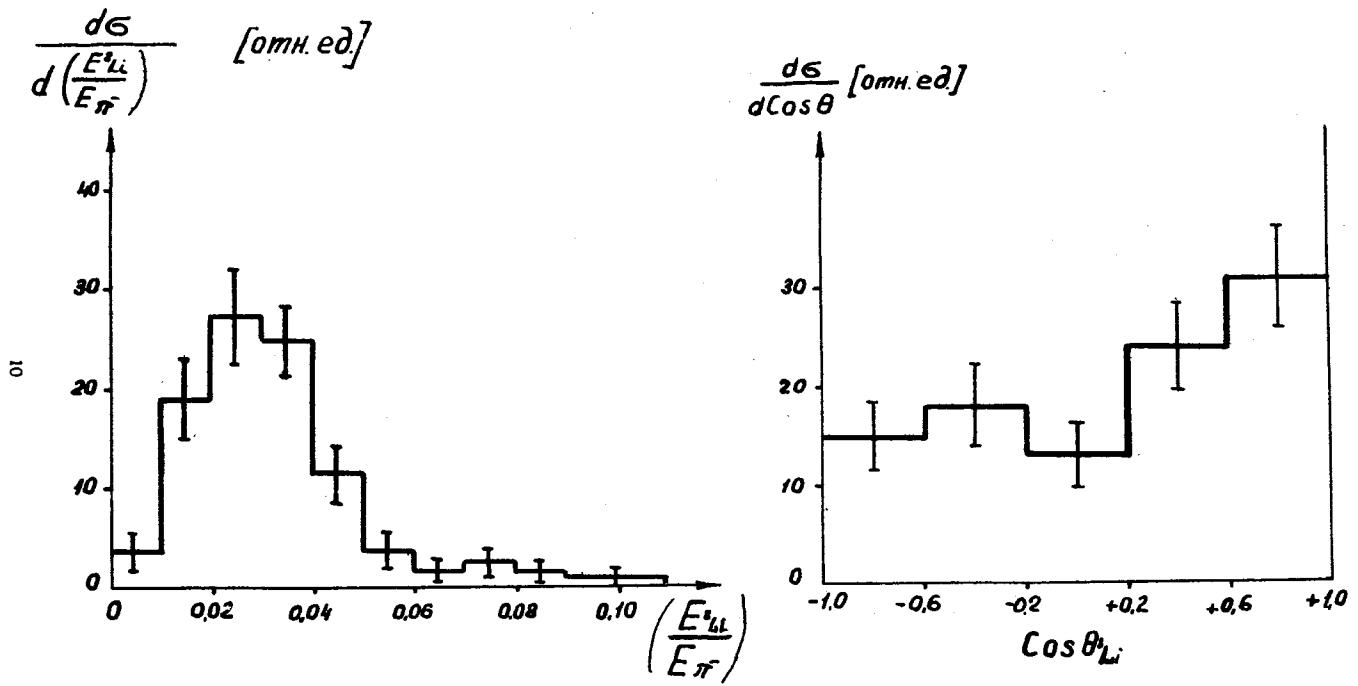


Рис.1. Энергетическое и угловое распределение ядер ${}^6\text{Li}$ в реакции $\pi^- + \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \pi^+ + {}^6\text{Li} + \dots$

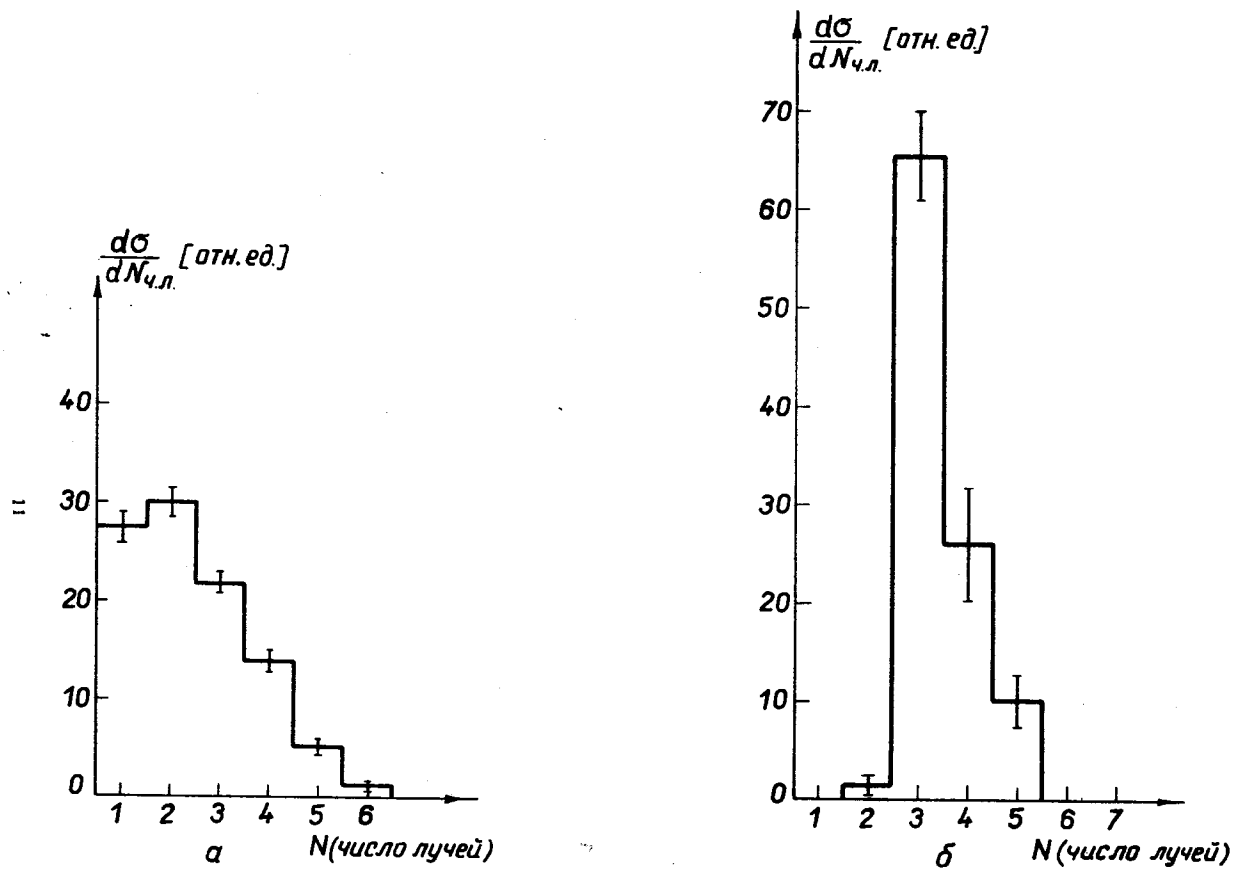


Рис.2. Распределение событий по числу лучей: а) для реакции $\pi^- + \text{Я} \rightarrow \pi^+ + \text{Я} + \dots$; б) для реакции $\pi^- + \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \pi^+ + {}^6\text{Li} + \dots$

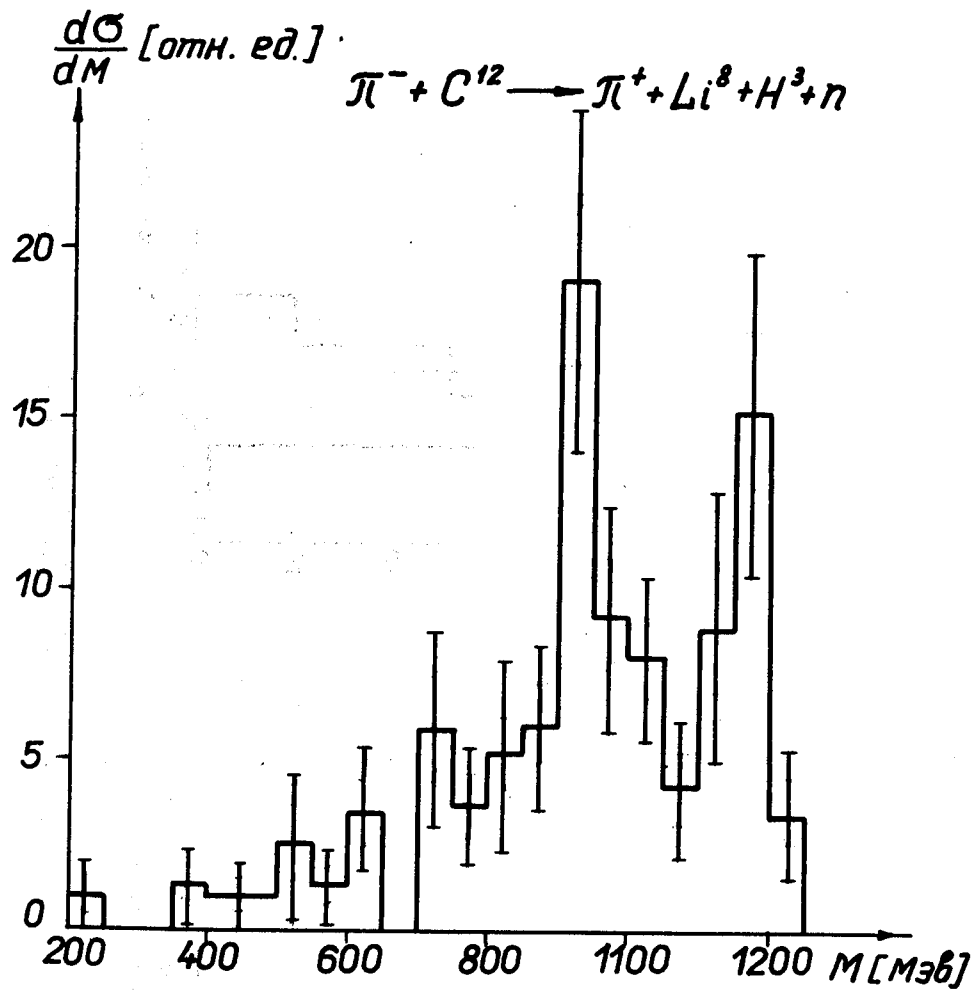


Рис.3. Распределение событий по недостающей массе для реакции $\pi^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow \pi^+ + {}^8\text{Li} + {}^3\text{H} + n$.

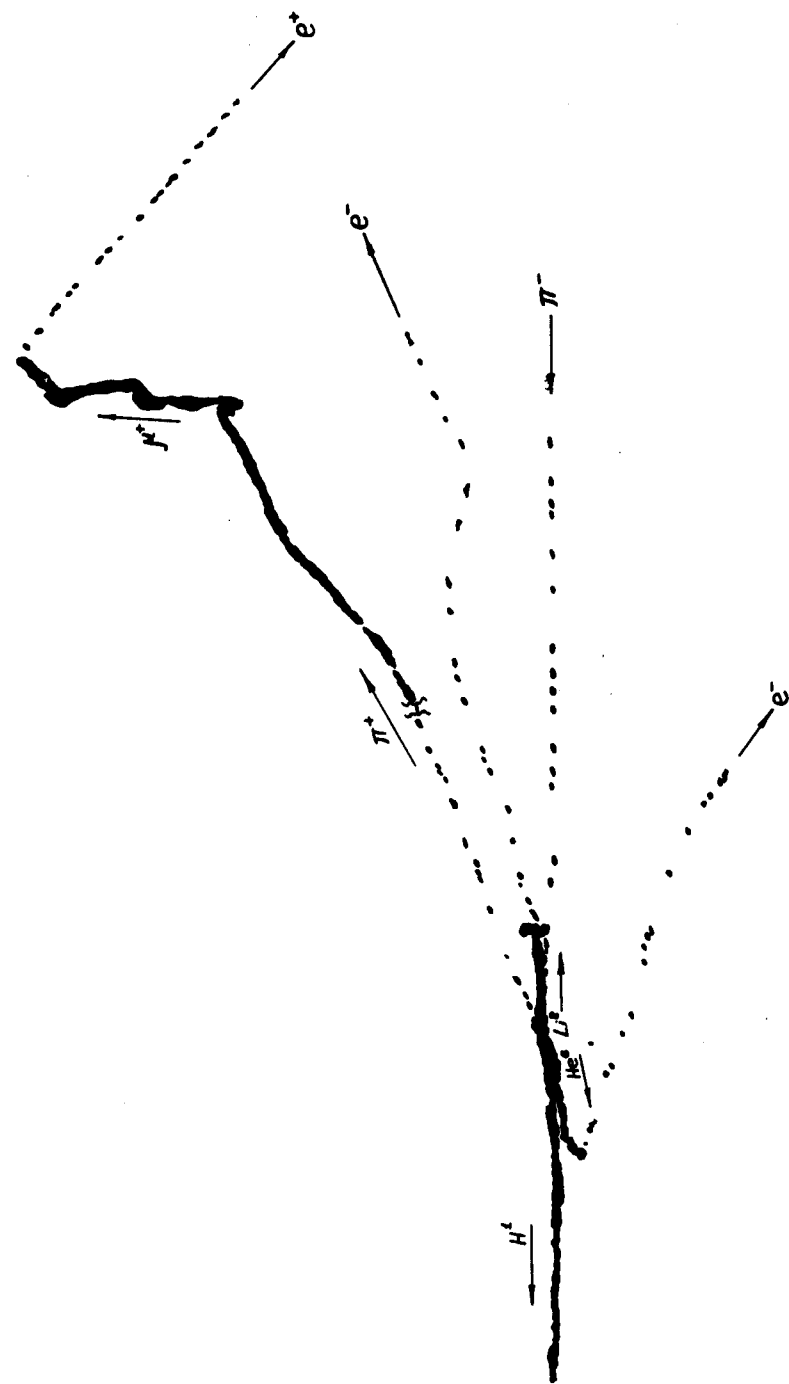


Рис.4. Рисунок случайя реакции $\pi^- + {}^{16}\text{O} \rightarrow \pi^+ + {}^8\text{Li} + {}^6\text{He} + {}^1\text{H} + n$.