

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Б. БАННИК, Д. КОПЫЛОВА, А. НОМОФИЛОВ

ЗАХВАТ К-МЕЗОНА С ИСПУСКАНИЕМ $^5\text{He}_2$ х)
ФАН, 1957, т 116, №6, с. 939-942

Май 1957

х) Статья направлена в печать.

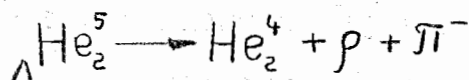
В стопке фотоэмульсий, облученной на большой высоте, был найден случай захвата K^- - мезона с последующим испусканием гиперфрагмента ${}_{\Lambda}^5\text{He}_2$ (х). Микропроекция изображена на рис. 1.

Частица (5) вошла в стопку извне. Пройдя в эмульсии 27,3 мм, она остановилась и в точке А образовала σ -звезду. Измерение массы частицы (5) по пробегу и рассеянию дало значение $m = (823 \pm 160) m_e$. Ионизационные измерения привели к $m \approx 700 m_e$. По-видимому, это K^- - мезон.

Черный след (Г) звезды А в свою очередь оканчивается звездой В, один из лучей которой оказался π^- - мезоном. Лучи (1), (2) и (3) компланарны. Это свидетельствует в пользу того, что звезда В образовалась при мезонном распаде остановившегося гиперфрагмента на 3 заряженные частицы.

Измерения ширины следов частиц (Г), (2) и (3) показали, что у каждой из этих частиц заряд $Z \leq 2$.

Кинематический анализ звезды В проводился в предположении, что частицы (2) и (3) могли иметь все возможные при этих зарядах значения масс. Анализ показал, что схема распада имела вид:



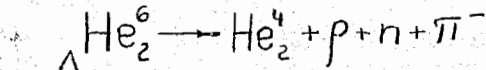
При этом кинетическая энергия продуктов распада $Q_k = (34,2 \pm 0,4)$ Мэв.

х) Случай найден Н.В.Кирсановой.

Сумма импульсов образовавшихся частиц $p = (13 \pm 26) \frac{\text{МэВ}}{c}$
 Энергия связи $B_\Lambda = (2,7 \pm 0,4) \text{ МэВ}$, что хорошо согласуется с
 опубликованными данными.

Угол, образуемый нормалью к плоскости распада и направле-
 нием вылета гиперфрагмента, равен 82 град.

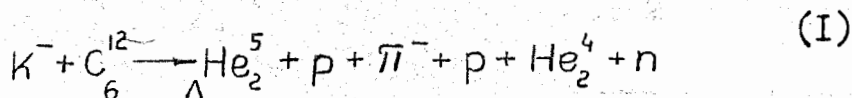
В описываемом случае, так же как и в других опубликован-
 ных случаях ${}^5_\Lambda\text{He}_2$ можно, конечно предположить, что при распа-
 де был дополнительно испущен нейтрон с очень малой энергией.
 Это не нарушило бы компланарности лучей звезды В. В таком
 случае схема распада была бы:



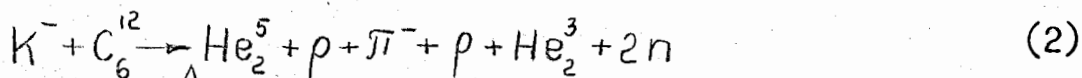
Однако проводимый ниже кинематический анализ первичной
 звезды А позволяет уточнить идентификацию гиперфрагмента (F).

Если бы частица (8) была бы протоном или α -частицей, то
 ее энергия соответственно равнялась бы 1,19 МэВ или 4,6 МэВ,
 что значительно ниже кулоновского потенциального барьера в
 тяжелых ядрах эмульсии. Поэтому предполагалось, что ядро, за-
 хватившее K^- - мезон было C^{12} , N^{14} или O^{16} .

Для всех возможных (согласно табл. I) значений масс и
 зарядов частиц (4), (6), (7) и (8) и для двух типов гиперфраг-
 ментов (${}^5_\Lambda\text{He}_2$ и ${}^6_\Lambda\text{He}_2$) были рассмотрены все варианты ре-
 акций на C^{12} , N^{14} и O^{16} . Баланс импульсов и энергии пока-
 зал, что законам сохранения удовлетворяет только реакция



и может быть реакция



(I) и (2) различаются количеством испущенных нейтронов и типом частицы (8).

В обоих случаях частица (P) оказывается He_2^5 .

Полученное из реакции (I) значение массы K^- - мезона равно $m_{K^-} = (494,3 \pm 6,8)$ Мэв, что хорошо согласуется с данными других работ ($m_{K^+} = (493,66 \pm 0,36)$ Мэв [1]) x).

Из реакции (2) можно было получить нижний предел значения масс K^- мезона. Он оказался равным $(506,7 \pm 6,6)$ Мэв. Нижний предел рассчитан в маловероятном предположении, что оба нейтрона были испущены с одинаковыми по величине и направлению импульсами. В противном случае вычисленная величина m_{K^-} - еще более увеличивается. По этой причине реакция (2) из дальнейшего анализа исключается как маловероятная.

Не входя в противоречие с существующими теоретическими представлениями, можно предположить, что иногда образование гиперфрагмента может происходить с участием Σ - частицы^{xx)}.

Σ - частица, образовавшаяся внутри ядра, может вылететь в составе гиперфрагмента. Через очень небольшой промежуток

x) Масса K^- - мезонов известна с меньшей точностью. Естественно, однако, считать, что $m_{K^-} = m_{K^+}$.

xx) Энергия π - мезона, образованного в σ_K - звезде, довольно мала (53 Мэв). Это противоречит предположению, что при захвате K -мезона первоначально образовалась Σ - частица.

времени она переходит в Λ^0 - частицу, в результате чего исходный гиперфрагмент распадается на более легкий гиперфрагмент, содержащий Λ^0 - частицу, и один или несколько нуклонов^{xxx)}.

Если в описываемом случае образование гиперфрагмента произошло именно таким путём, то след гиперфрагмента ${}_{\Lambda}^5\text{He}_2$ и один или несколько лучей звезды А образованы частицами, испущенными при распаде первичного осколка с Σ - частицей. Импульс этих частиц должен быть равен импульсу осколка с Σ - частицей до распада. По импульсу осколка можно определить его энергию. Полная энергия исходного осколка должна при этом равняться полной энергии частиц, испущенных при его распаде. Это позволяет определить B_{Σ} - энергию связи Σ - частицы.

Таким способом были испробованы все возможные комбинации из 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти частиц первичной звезды. Почти для всех комбинаций B_{Σ} принимала или отрицательные, или очень высокие положительные значения, и только для двух комбинаций были получены приемлемые значения (порядка нескольких Мэв).

I-я комбинация ${}_{\Lambda}^5\text{He}_2$, n и $2p$ образовались при распаде осколка ${}_{\Sigma}^8\text{Be}_4$.

$B_{\Sigma} = (5,9 \pm 2,0)$ Мэв, если в составе осколка была Σ^0 - частица.

xxx) Рассматриваемая возможность может иметь смысл только в том случае, если за время перехода Σ - частицы в Λ^0 - частицу гиперфрагмент успевает вылететь за пределы исходного ядра. В принципе, схемой Гелл-Манна, это не исключается.

С л е д	F	I	2
Истинная длина пробега в μ	161	8481	19,3
Ошибка измерения пробега в %	0,4	0,1	4,2
Разброс пробегов в %	1,2	3,0	2,0
Угол β с горизонтальной плоскостью в необработанной эмуль-сии в градусах.	0	-9,0	+12,4
Ошибка измерения угла β в градусах	-	4	7
Азимутальный угол ψ в градусах ^{жж)}	0	232,3	79,5
Ошибка измерения угла ψ в градусах.	0,7	0,7	1,7
Число δ = электронов с длиной xxx) пробега > 4 зёрен.	0	-	0
Заряд z	≤ 2	-	≤ 2
Метод измерения массы и ее величина в m_e .	-	-	-
Идентификация частицы	${}^5_2\text{He}$	π^-	${}^4_2\text{He}$
Энергия частицы в Мэв	21,3+0,3	21,0+0,4	4,8+0,2

ж) Для следов, направленных к поверхности, берется со знаком "+", к стеклу, берется со знаком "-".

жж) По отношению к произвольно выбранному направлению, одинаковому и следа гиперядра.

жжж) 1 зерно на следе, 3 - вне следа.

Таблица № I

3	4	5	6	7	8
40I	54,7	> 27300	> 27500 не останов.	4880	I8
0,5	I,7	-	-	0,1	5,1
I,6	I,8	-	-	I,4	2
-18,5	+16,0	-	+7,9	-19,8	+15,8
2	2	-	0,3	I	7
278,5	44,5	-	I26,6	I67,8	269,8
0,7	0,7	-	0,7	0,7	I,7
0	0	-	-	-	0
≤ 2	≤ 2	-I	±I	± I	≤ 2
-	-	(Δ)R=9I4+I70 γ-R=658±55	γ-(Δ) 94 343±62	(Δ)R=I250+340 γ-R=2700±300	-
P	P	K ⁻	π ⁻	P	He ₂ ⁴
8,4±0,1	2,47±0,04	-	66,3±6,5	35,3±0,3	4,6±0,2

"+", для следов, направленных

тому для всех следов звезды

$B_{\Sigma} = (5,5 \pm 2,0)$ Мэв, если в состав осколка вошла Σ^+ частица.

2-я комбинация ${}^{\Lambda}\text{He}_2^5$, p, n и He_2^4 образовались при распаде осколка ${}_{\Sigma}B_5^{11}$

$B_{\Sigma} = (1,3 \pm 2,0)$ Мэв, если в состав осколка вошла Σ^0 -частица.

$B_{\Sigma} = (0,2 \pm 2,0)$ Мэв, если в состав осколка вошла Σ^+ -частица.

Полученный результат не говорит, конечно, о том, что процесс образования гиперфрагмента обязательно шел предполагаемым выше путем, так как могло случиться, что значения B_{Σ} лишь случайно оказались небольшими. Вопрос мог бы быть решен после проведения аналогичного анализа других случаев. Особенно полезным было бы рассмотрение σ_K -звезд, допускающих полный кинематический анализ [2].

Не исключена возможность, что гиперфрагмент иногда может образоваться в возбужденном состоянии с последующим переходом в основное состояние путем испускания γ -кванта или нуклона^{x)}.

С помощью анализа, аналогичного вышеописанному, при достаточной статистике, можно было бы попытаться обнаружить такие возбужденные гиперфрагменты.

В рассматриваемом конкретном случае оказалось, что существуют две комбинации частиц, для которых энергия связи B_{Λ}^* принимает отрицательные значения.

x) Подобно тому, как компаунд-ядро ${}^5\text{Li}_3$ переходит в He_2^4 с испусканием протона [3] или He_2^5 переходит в He_2^4 с испусканием нейтрона [4].

1-я комбинация ${}_{\Lambda}^5\text{He}_2$ и p образовались при распаде возбужденного гиперфрагмента ${}_{\Lambda}^6\text{Li}^*$. Энергия связи $B_{\Lambda}^* = (2,2 \pm 0,7)$ Мэв. Энергия протона в системе центра масс $E_p = (10,6 \pm 0,2)$ Мэв.

2-я комбинация ${}_{\Lambda}^5\text{He}_2$ и n образовались при распаде возбужденного гиперфрагмента ${}_{\Lambda}^6\text{He}^*$. Энергия связи $B_{\Lambda}^* = (-0,9 \pm 2,0)$ Мэв. Энергия нейтрона в системе центра масс $E_n = (9,9 \pm 1,1)$ Мэв.

Авторы считают своим долгом поблагодарить М.И.Подгорецкого за помощь в работе, а также старших лаборантов З.П.Головину, Э.В.Есину и лаборанта Н.В.Кирсанову за проведение измерений.

Л и т е р а т у р а :

- 1 . R.W. Birge, D.H. Parkins, I.R. Peterson, D.H. Stork, and M.N. Whitehead, Nuovo Cimento IV, N 4, 834 (1956);
- 2 . Francis C. Gilbert, Charles E. Violet, and R. Stephen White, Phys. Rev. 103, N 1, 248 (1956);
- 3 . F. Ajzenberg and T. Lanritsen, Revs. Modern. Phys. 24, N 4, 321 (1952);
- 4 . D.S. Craig, W.G. Cross, and R.G. Jarvis, Phys. Rev. 103, N 5, 1427 (1956).

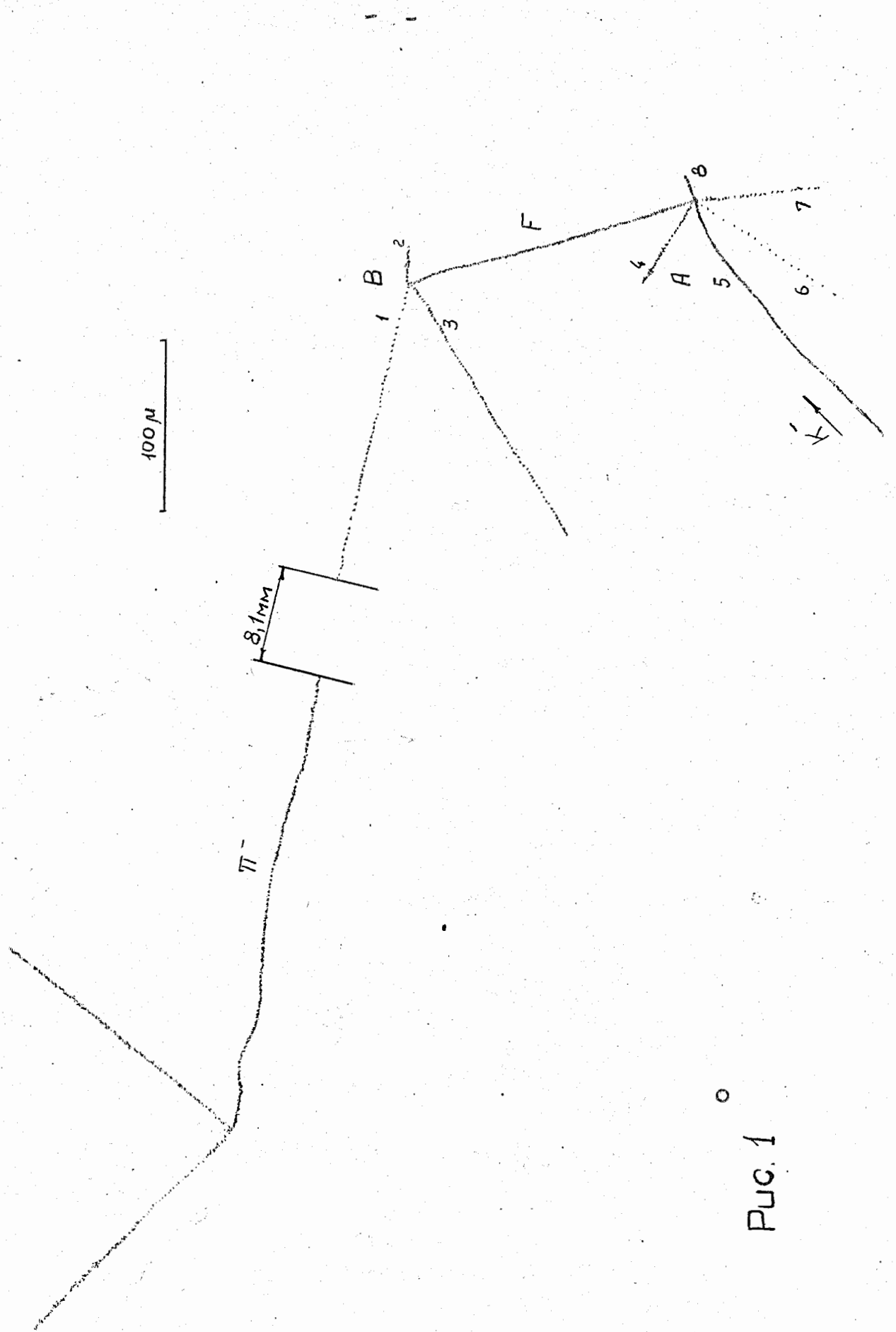


Рис. 1