

## ВОЗМОЖНЫЙ СЛУЧАЙ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПАДА СУПЕРЯДРА

Ю. А. Батусов, С. А. Буятов, В. В. Люков  
В. М. Сидоров, А. А. Тяпкин, В. А. Ярба<sup>1)</sup>

При анализе 125000 взаимодействий протонов с энергией 250 ГэВ с ядрами в фотоэмульсии найдено событие, которое интерпретируется как распад суперядра за время  $\sim (2 - 5) \cdot 10^{-14}$  сек. Обнаружена вилка от возможного распада  $D^0$ -мезона. Величина фона для этого события составляет  $\sim 3 \cdot 10^{-5}$ .

В настоящее время надежно установлено существование очарованных частиц, в том числе и легчайшего бариона  $\Lambda_c^+$  [1]. Однако остается открытым вопрос о возможности образования суперядер [2], т. е. связанных состояний  $\Lambda_c^+$  с нуклонами, аналогичных гиперядрам. Согласно теоретическим оценкам [3 - 7] их существование весьма вероятно.

При просмотре фотоэмульсии, облученной протонами с энергиями 70 и 250 ГэВ в ИФВЭ и ФНАЛ было обнаружено пять кандидатов на распад суперядер [8]. Их характеристики и предварительный анализ даны в работах [8, 9]. Как показал анализ возможных источников фона [10], четыре события могут быть объяснены неупругими взаимодействиями ливневых частиц, а для пятого события (энергия протона 250 ГэВ) единственным источником фона является аннигиляция медленного  $\bar{p}$ . Ожидаемое число таких событий, если учесть долю аннигиляционных звезд с видимым энерговыделением  $\sim 0,3 - 1,3$  ГэВ [11], составляет  $\sim 3 \cdot 10^{-2}$ . При повторном просмотре окрестностей первичных звезд до  $\sim 3$  мм в этом событии была обнаружена вилка с геометрически восстановленным центром на расстоянии  $6,3 \pm 2,8$  мкм<sup>1)</sup> от первичной звезды и углом раскрытия  $(1,23 \pm 0,03) \cdot 10^{-2}$  рад. Микрофотография и схема этого события показаны на рис. 1 (A - центр первичной звезды, B - вторичной со следами 1 - 6, C - вилки со следами V1 и V2). Характеристики события приведены в табл. 1. Характеристики следов вторичной звезды и вилки представлены в табл. 2.

Согласно измерениям многократного рассеяния и ионизации наиболее вероятная идентификация следа V1 есть K-мезон. Поэтому вилка может быть интерпретирована как распад за время  $\sim 0,3 \cdot 10^{-14}$  сек  $D^0$ -мезона (образованного в паре с  $\Lambda_c^+$ , который распался в составе суперядра в точке B) на  $K^+ \pi^-$  - инвариантная масса  $M_{K\pi} = 1,62_{-0,12}^{+0,13}$  ГэВ, или на  $K^+ \pi^- \pi^0$ .

Вероятность того, что вилка есть  $e^+e^-$ -пара, пренебрежимо мала  $6 \cdot 10^{-10}$ . Фон, обусловленный распадами  $K_s^0$  и  $\Lambda^0$ , а также дифракционной диссоциацией  $n \rightarrow p\pi^-$  ( $n \rightarrow n\pi^+\pi^-$ ) [12] не превышает  $\sim 9 \cdot 10^{-4}$ . Следовательно, ожидаемое число событий, имитирующих распады суперядра и нейтральной очарованной частицы, не превышает  $\sim 3 \cdot 10^{-5}$ .

<sup>1)</sup> Институт физики высоких энергий, Серпухов.

<sup>1)</sup> Приведено средневзвешенное значение по 23 измерениям. Ошибка определена с учетом корреляций отдельных измерений.

Т а б л и ц а 1

Первичная звезда		Связующий след			Вторичная звезда		
тип расщепления	пробег $R$ , мкм	угол погружения $\theta^\circ$	азимутальный угол $\phi^\circ$	видимое энерговыделение $E$ вид, МэВ	суммарный продольный импульс зарядж. частиц $P_{ch \parallel}$ , МэВ/с	суммарный поперечный импульс зарядж. частиц $P_{ch \perp}$ , МэВ/с	
6 + 12p	1,8 ± 0,5	0 ± 18,0	192 ± 8,9	998 ± 21	190 ± 122	532 ± 42	

Т а б л и ц а 2

№	$R$ , мкм	$\theta^\circ$	$\phi^\circ$	Ионизация $I/I_0$	$P\beta$ , МэВ/с	Идентификация	Энергия $T_{кин}$ , МэВ
1	> 74620	18,5 ± 1,0	63,6 ± 0,5	0,94 ± 0,08	362 ± 18	$\pi$	270 ± 16
2	32560 ± 650	14,2 ± 1,0	102,3 ± 0,5	1,47 ± 0,12	74 ± 6	$\pi^+$	48,0 ± 1,1
3	291 ± 5	-43,3 ± 1,5	109,8 ± 1,0	-	-	p	6,9 ± 0,4
4	8790 ± 120	-43,7 ± 1,0	110,0 ± 0,5	-	79 ± 11	p	49,0 ± 1,5
5	> 65200	58,0 ± 1,0	201,1 ± 0,5	1,08 ± 0,07	160 ± 15	$\pi$	101 ± 11
6	20710 ± 320	-32,6 ± 1,0	322,8 ± 0,5	3,76 ± 0,31	115 ± 9	p	79,8 ± 1,8
V1	> 54000	-6,0 ± 1,0	358,8 ± 0,2	0,94 ± 0,01	840 ± 70	K	576 ± 58
V2	> 54000	-6,0 ± 1,0	359,5 ± 0,2	1,00 ± 0,03	9760 ± 1670	$\pi$	9630 ± 1670

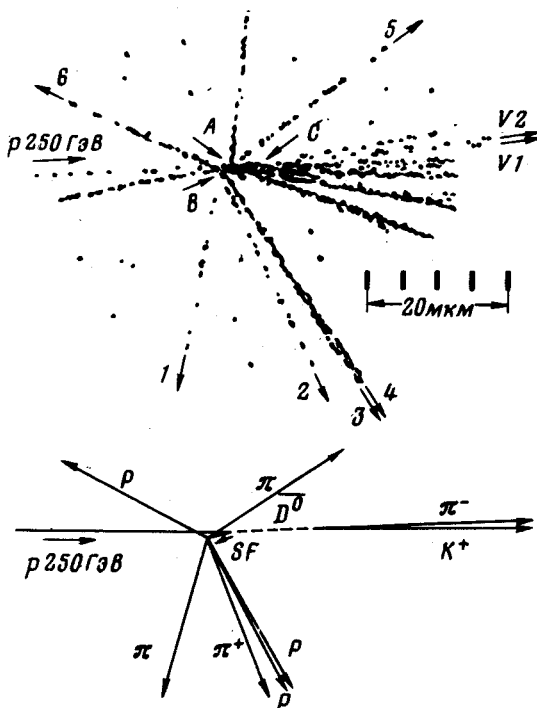


Рис. 1

Если вторичная звезда обусловлена распадом суперядра, то среди продуктов этого распада должна быть странная частица, которая может быть нейтральной —  $\Lambda^0$  или  $\bar{K}^0$ . Экспериментальные данные не противоречат тому, что это событие есть распад суперядра с испусканием  $\Lambda^0$  (если предположить вылет  $\bar{K}^0$ , то энергвыделение во второй звезде будет больше разности масс  $\Lambda_c^+$  и нуклона). Был проведен кинематический анализ вторичной звезды в предположении, что  $\Lambda^0$  является единственным невидимым продуктом распада суперядра, и оценены энергия связи  $\Lambda_c^+$  в суперядре  $B_c$  ( $B_c = M_{\text{я.о.}} + M_{\Lambda_c^+} - M_{\text{SF}}$ , где  $M_{\text{я.о.}}$  — масса ядра-остова,  $M_{\Lambda_c^+} \sim 2,27$  ГэВ — масса  $\Lambda_c^+$ ,  $M_{\text{SF}}$  — инвариантная масса продуктов распада, зависящая от импульса суперядра  $P_{\text{SF}}$ ) и время пролета суперядра до распада  $t_{\text{SF}}$ .

Анализ показывает, что тип суперядра определяется знаками зарядов пионов, которые не останавливаются в камере (следы 1 и 5), но положительные значения  $B_c$  — условие существования суперядра — получаются независимо от них. Всего имеется три возможности:

1)  $\pi^+ \pi^-$ . В этом случае распад суперядра  ${}^4_c \text{Be} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- p p r$  происходит за счет распада  $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^-$ . Зависимость  $B_c$  от  $P_{\text{SF}}$  показана на рис. 2. По оценкам [4 — 7] величина  $B_c$  по порядку величины равна энергии связи  $\Lambda^0$  в гиперядрах с теми же ядрами-остовами, поэтому мы приняли область возможных значений  $B_c$  равной 0 — 10 МэВ (заштрихованная область на рис. 2). Этим значениям  $B_c$  соответствуют значения  $t_{\text{SF}} \sim (2,4 - 5,3) \cdot 10^{-14}$  сек. Так как ядро-остов ( ${}^3p$ ) нестабилен, то наиболее вероятная интерпретация предполагает испускание  $k$  нейтронов ( $k \geq 1$ ):  ${}^4_c {}^k \text{Be} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- p p r + k n$ .

2)  $\pi^- \pi^-$ . Интерпретация этого события  ${}^4_c \text{He} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- p p r$  предполагает распад суперядра за счет слабого взаимодействия  $\Lambda_c^+$  с нейтроном.  $\Lambda_c^+ n \rightarrow$

→  $\Lambda^0 p \pi^+ \pi^- \pi^0$  с последующей перезарядкой  $\pi^0 n \rightarrow \pi^- p$ . Инвариантная масса  $M_{\pi p}$  (следы 5 и 6) равна  $1224,5 \pm 12,2$  МэВ. Количественно при одинаковых значениях  $P_{SF} B_c({}_c^4\text{He}) = B_c({}_c^4\text{Be}) - 5,92$  МэВ. Интервалу  $B_c = 0 - 10$  МэВ соответствует  $t_{SF} \sim (2,9 - 4,4) \cdot 10^{-14}$  сек.

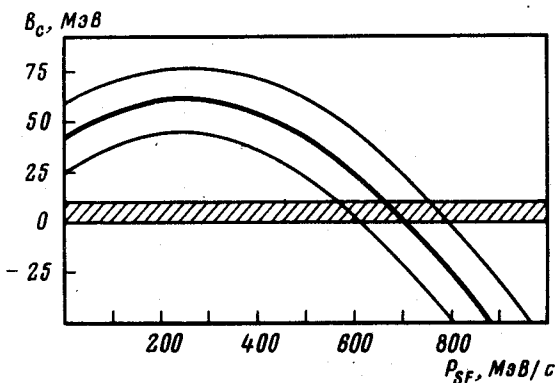
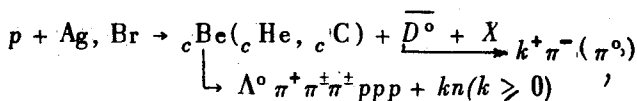


Рис. 2

3)  $\pi^+ \pi^+$ . Распад суперядра  ${}_c^{6+k}\text{C} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^+ p p p p n + k n$  ( $k \geq 1$ ) происходит за счет слабого взаимодействия  $\Lambda_c^+$  с протоном  $\Lambda_c^+ p \rightarrow \Lambda^0 n \pi^+ \pi^+ \pi^0$  с последующей перезарядкой  $\pi^0 p \rightarrow \pi^+ n$ . Наличие, по меньшей мере, двух нейтронов и  $\Lambda^0$  не позволяет количественно оценить  $B_c$  и  $t_{SF}$ , но не противоречит тому, что  $B_c$  может быть положительной. Добавка  $k$  нейтронов обусловлена теми же причинами, что и в случае 1). Вариант 2) и 3) предполагают перезарядку пиона, и поэтому они и менее вероятны.

Вилка от распада  $\Lambda^0$  в зоне углов вылета  $\Lambda^0$  гиперона, соответствующих  $B_c = 0 - 10$  МэВ, не была обнаружена. Однако вероятность распада  $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$  в рассмотренной области не превышает  $\sim 18\%$ . Кроме того, углы вылета  $\Lambda^0$  могли быть иными, если при распаде вылетел хотя бы один нейтрон. Поэтому необнаружение  $\Lambda^0$  не противоречит обсуждаемой интерпретации.

Таким образом, имеются серьезные основания интерпретировать данное событие, как образование связанного состояния очарованного бариона  $\Lambda_c^+$  с нуклонами-суперядра  ${}_c\text{Be}({}_c\text{He}, {}_c\text{C})$ :



которое распадается за время  $\sim (2 - 5) \cdot 10^{-14}$  сек.

Надеемся, что найденное событие будет стимулировать дальнейшие поиски для окончательного выяснения вопроса о существовании явления образования суперядер.

## Литература

- [1] F. Muller. CERN/EP 79-148, 1979.
  - [2] А.А.Тяпкин. ЯФ, 22, 181, 1975.
  - [3] S. Iwao. Lett. Nuovo Cim., 19, 647, 1977.
  - [4] C. B. Dover, S. H. Kahana. Phys. Rev. Lett., 39, 1506, 1977.
  - [5] R. Gatto, F. Racanoni. Nuovo Cim., 46A, 313, 1978.
  - [6] G. Bhamathi, K. Prema. Madras Univ. Preprint. Madras, 1979.
  - [7] S. Iwao. HPICK-082, Kanazawa, 1980.
  - [8] Ю.А.Батусов и др. ОИЯИ Е1-10069, Дубна 1976.
  - [9] С.А.Бунятов. ЭЧАЯ, 10 657, 1979.
  - [10] В.В.Люков. ОИЯИ Р1-12695, Дубна, 1979.
  - [11] E. Segre, Ann. Rev. Nucl. Sci., 8, 127, 1958.
  - [12] T. K. Gaisser, H. Halzen. Phys. Rev., D14, 3153, 1976.
-