

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

0196/2-80

22/12-80

Д1-80-676

Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, В.В.Люков,
В.М.Сидоров, А.А.Тяпкин, В.А.Ярба *

ВОЗМОЖНЫЙ СЛУЧАЙ
ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПАДА СУПЕРЯДРА

Направлено в "Письма в ЖЭТФ",
"Physics Letters B"

* Институт физики высоких энергий, Серпухов.

1980

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 Λ_c^+ с нуклонами, аналогичных гиперядрам. Согласно теоретическим оценкам^{3-7/} их существование весьма вероятно.

При просмотре фотозмульсии, облученной протонами с энергиями 70 и 250 ГэВ в ИФВЭ и ФНАЛ, было обнаружено 5 кандидатов на распад суперядер^{8/}. Их характеристики и предварительный анализ даны в работах^{8,9/}. Как показал анализ возможных источников фона^{10/}, 4 события могут быть объяснены неупругими взаимодействиями ливневых частиц, а для пятого события /энергия протона - 250 ГэВ/ единственным источником фона является аннигиляция медленного р. Ожидаемое число таких событий, если учесть долю аннигиляционных звезд с видимым энерговыделением $E_{\text{вид}} \sim 0,3-1,3$ ГэВ^{11/}, составляет $\sim 3 \cdot 10^{-2}$. При повторном просмотре окрестностей первичных звезд до ~ 3 мм в этом событии была обнаружена вилка с геометрически восстановленным центром на расстоянии $6,3 \pm 2,8$ мкм* от первичной звезды и углом раскрытия $1,23 \pm 0,03 / \cdot 10^{-2}$ рад. Микрофотография и схема этого события показаны на рис.1 / А - центр первичной звезды, В - вторичной со следами 1-6, С - 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 К-мезон. Поэтому вилка может быть интерпретирована как распад за время $\sim 0,3 \cdot 10^{-14}$ с \bar{D}^0 -мезона /образованного в паре с Λ_c^+ , который распался в составе суперядра в точке В/ на $K^+ \pi^-$ /инвариантная масса $M_{K\pi} = 1,62^{+0,13}_{-0,12}$ ГэВ/ или на $K^+ \pi^- \pi^0$.

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

* Приведено средневзвешенное значение по 23 измерениям. Ошибка определена с учетом корреляций отдельных измерений.

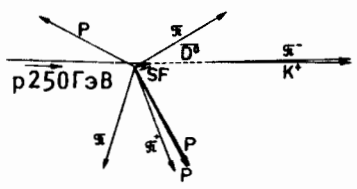
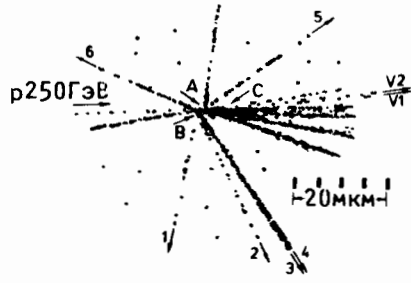


Рис. 1

Если вторичная звезда обусловлена распадом суперядра, то среди продуктов этого распада должна быть странная частица, которая может быть нейтральной: Λ^0 или \bar{K}^0 . Экспериментальные данные не противоречат тому, что это событие есть распад суперядра с испусканием Λ^0 /если предположить вылет \bar{K}^0 , то энерговыделение во второй звезде будет больше разности масс Λ_c^+ и нуклона/. Был проведен кинематический анализ вторичной звезды в предположении, что Λ^0 является единственным невидимым продуктом распада суперядра, и оценены энергия связи Λ_c^+ в суперядре В ($B_c = M_{\text{яо}} + M_{\Lambda_c^+} - M_{\text{SF}}$, где $M_{\text{яо}}$ - масса ядра-остова, $M_{\Lambda_c^+} \sim 2,27$ ГэВ - масса Λ_c^+ , M_{SF} - инвариантная масса продуктов распада, зависящая от импульса суперядра P_{SF}) и время пролета суперядра до распада t_{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 ${}^4\text{He} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \text{ppp}$ происходит за счет распада $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- \pi^+$. Зависимость B_c от P_{SF} показана на рис.2. По оценкам [4-7] величина B_c по порядку величины равна энергии связи Λ^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 $t_{\text{SF}} \sim 2,4-5,3 \cdot 10^{-14}$ с. Так как ядро-остов (${}^3\text{p}$) нестабильно, то наиболее вероятная интерпретация предполагает испускание k нейтронов ($k \geq 1$): ${}^{4+k}\text{He} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^- \text{ppp} + k\text{n}$.

2/ $\pi^-\pi^-$. Интерпретация этого события ${}^4\text{He} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^- \pi^- \text{ppp}$ предполагает распад суперядра за счет слабого взаимодействия Λ_c^+ с нейтроном, $\Lambda_c^+ \text{n} \rightarrow \Lambda^0 \text{p} \pi^+ \pi^- \pi^0$, с последующей перезарядкой $\pi^0 \text{p} \rightarrow \pi^+ \text{p}$. Инвариантная масса $M_{\text{пр}}$ /следы 5 и 6/ равна

Таблица 1

Первичная звезда	Связующий след			Вторичная звезда		
	Пробег R, мкм	Угол погружения θ°	Азимутальный угол φ°	Видимое энерговыделение $E_{\text{вид}}$, МэВ	Суммарный продольный импульс заряжен. частиц $P_{\text{дл}}$, МэВ/с	Суммарный поперечный импульс заряжен. частиц $P_{\text{поп}}$, МэВ/с
6+12p	1,8±0,5	0 ± 18,0	192±8,9	998±21	190±122	532±42

Таблица 2

№	R, мкм	θ°	φ°	Ионизация I/I_0	$\rho\beta$ МэВ/с	Иден-тип-ка-ция	Энергия $T_{\text{кин}}$, МэВ
1	> 74620	18,5±1,0	63,6±0,5	0,94±0,08	362±18	π^-	270±16
2	32560±650	14,2±1,0	102,3±0,5	1,47±0,12	74±6	π^+	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	π^-	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	π^-	9630±1670

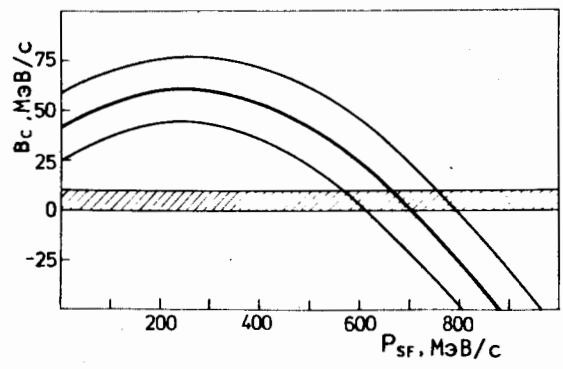


Рис. 2

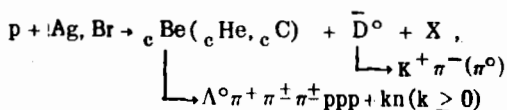
1224,5±12,2 МэВ. Количество при одинаковых значениях P_{SF} $B_c({}^4\text{He}) = B_c({}^4\text{He}) - 5,92$ МэВ. Интервалу $B_c = 0-10$ МэВ соответствует $t_{\text{SF}} \sim 2,9-4,4 \cdot 10^{-14}$ с.

3/ $\pi^+\pi^+$. Распад суперядра ${}^{6+k}\text{C} \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^+ \text{pppp} + k\text{n}$ ($k \geq 1$) происходит за счет слабого взаимодействия Λ_c^+ с протоном, $\Lambda_c^+ \text{p} \rightarrow \Lambda^0 \text{p} \pi^+ \pi^+ \pi^0$, с последующей перезарядкой $\pi^0 \text{p} \rightarrow \pi^+ \text{p}$. Наличие по меньшей мере двух нейт-

ронов и Λ^0 не позволяет количественно оценить V_c и t_{SF} , но не противоречит тому, что V_c может быть положительной. Добавка к нейтронов обусловлена теми же причинами, что и в случае 1/. Варианты 2/ и 3/ предполагают перезарядку пиона, и поэтому они менее вероятны.

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

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



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

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

ЛИТЕРАТУРА

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

Рукопись поступила в издательский отдел
21 октября 1980 года.