

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P1-85-495

Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов, Н.И.Костанашвили,¹
О.М.Кузнецов, В.В.Люков, В.Топор,²
В.И.Третьяк, М.Хайдук²

ПОИСК СУПЕРЯДЕР
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРОТОНОВ С ЯДРАМИ
В ФОТОЭМУЛЬСИИ
ПРИ ЭНЕРГИЯХ 250 и 70 ГэВ

¹ Тбилисский государственный университет

² Центральный институт физики, Бухарест

1985

ВВЕДЕНИЕ

Обнаружение очарованных частиц привело к гипотезе о возможности существования очарованных аналогов гиперядер — суперядер, содержащих связанный с нуклонами легчайший очарованный барийон Λ_c^+ /1/. В последующих работах /2-11/ была показана возможность существования стабильных суперядер, хотя по кинематическим причинам процессы их образования должны быть сильно подавлены /8/. Исследование суперядер интересно прежде всего тем, что может дать возможность получить уникальную информацию о свойствах Λ_c^+ -взаимодействия. Изучение взаимодействий Λ_c^+ с нуклонами другими методами затруднительно из-за малого времени жизни Λ_c^+ : $\tau_{\Lambda_c^+} = (2,3^{+1,0}_{-0,6}) \cdot 10^{-13}$ с /12/.

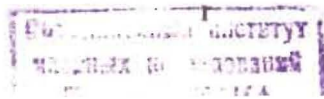
Время жизни суперядер не должно сильно отличаться от времени жизни Λ_c^+ , следовательно, пробеги суперядер до распада не будут превышать $\sim 10-20$ мкм. Поэтому наилучшим детектором для поиска суперядер является ядерная фотоэмульсия, в которой разделение вершин образования и распада возможно на расстояниях $R \geq 1$ мкм.

Поскольку масса Λ_c^+ ($M_{\Lambda_c^+} = 2,282 \pm 0,003$ ГэВ /12/) превышает массы нуклона или Λ^0 на $\sim 1,34$ и $\sim 1,17$ ГэВ соответственно, то распады суперядер должны сопровождаться большим видимым энерговыделением: $E_{\text{вид}} \leq 1$ ГэВ.

Среди продуктов распада суперядер должны быть странные частицы ($K^-, \bar{K}^0, \Lambda^0, \Sigma^\pm$), так как доминирующими модами распада Λ_c^+ являются переходы в состояния с S -кварком /13/. Полулептонные моды распадов Λ_c^+ составляют $\sim 10\%$ /12/, поэтому также возможно наличие лептонов (μ^+, e^+).

Сохранение очарования в сильных и электромагнитных взаимодействиях приводит к парному рождению очарованных частиц. Поэтому при поисках суперядер в таких взаимодействиях важное значение имеет наблюдение в окрестности родительских звезд распадов ассоциативных партнеров Λ_c^+ — частиц с \bar{c} -кварком: $D^-, \bar{D}^0, F^-, \bar{\Lambda}_c^-$.

В настоящей работе приведены результаты первого эксперимента по поиску суперядер, описаны и проанализированы три кандидата в суперядра, даны ограничения на частоту образования суперядер во взаимодействиях протонов с ядрами в фотоэмульсии при энергиях 70, $\sim 100-150$ и 250 ГэВ. Результаты поиска суперядер на части статистики приведены в работе /14/. Подробный анализ первого события — кандидата в суперядро — содержится в работе /15/.



I. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОСМОТРА

Две фотоэмульсионные камеры, объемом 1 л каждая, были облучены протонами с энергией 70 ГэВ на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), и одна камера объемом 2 л – протонами с энергией 250 ГэВ на ускорителе ФНАЛ (Батавия). Камеры были собраны из слоев фотоэмульсии НИКФИ-БР-2 размером $200 \times 100 \times 0,6$ мм³. Средняя плотность облучения в просмотренных слоях составила в разных камерах $\sim (0,6-1,1) \cdot 10^5$ р/см².

Поиск взаимодействий проводился методом просмотра по площади при увеличении 225X (диаметр поля зрения ~ 750 мкм). В окрестностях найденных звезд в пределах 2 полей зрения регистрировались любые вторичные явления. Затем с целью поиска "двойных звезд" с близкими центрами и черным связующим следом звезды просматривались при увеличении 1350X (поле зрения ~ 130 мкм). Эффективность регистрации "двойных звезд" с черным связующим следом длиной от 1 мкм до $\sim 1,5$ мм, определенная тройным просмотром, составила $0,58 \pm 0,04$.

В результате просмотра фотоэмульсий было зарегистрировано около $1,27 \cdot 10^6$ звезд, из которых $\sim 5,27 \cdot 10^5$ являются рА-взаимодействиями при энергии 250 ГэВ, $\sim 5,34 \cdot 10^4$ – при 70 ГэВ, а остальные являются взаимодействиями вторичных заряженных и нейтральных частиц с ядрами. Среди них $\sim 4,25 \cdot 10^4$ звезд вызваны лидирующими протонами с энергией $\sim 100-150$ ГэВ от взаимодействий первичных протонов с энергией 250 ГэВ (см. /16/).

В качестве кандидатов в суперядра отбирались все вторичные звезды с видимым энерговыделением $E_{\text{вид}} > 0,3$ ГэВ (для отличия от распадов гиперядер, ядерных захватов p^- , K^- и Σ^-), связанные с родительскими взаимодействиями черным следом. Дополнительно требовалось, чтобы связующий след находился вне пределов узкого конуса разлета ливневых частиц ($\theta > 20^\circ$). Это позволяет исключить фон от взаимодействий ливневых частиц на малых расстояниях от первичных звезд с кажущимся черным связующим следом из-за наложения других следов. Подробно источники фона, имитирующие распады суперядер, рассмотрены в работе /17/.

Среди всех зарегистрированных "двойных звезд" с черным связующим следом длиной до $\sim 1,5$ мм имеется три события с видимым энерговыделением во вторичной звезде $E_{\text{вид}} > 0,3$ ГэВ.

II. АНАЛИЗ НАЙДЕННЫХ СОБЫТИЙ

Микрофотографии и схемы этих событий показаны на рис.1-3. События 1 и 2 вызваны протонами с энергией 250 ГэВ, событие 3 – вторичной заряженной частицей h^+ , родившейся в первичном взаимодействии протона с энергией 250 ГэВ с ядром в фотоэмульсии.

Характеристики трех событий представлены в таблице I. Как видно из таблицы I, эти события обладают следующими особенностями:

1. Малые расстояния между центрами "двойных звезд": $R \sim 2-4$ мкм;
2. Большая величина недостающего поперечного импульса во вторичных звездах: $P_T \sim 0,5-0,6$ ГэВ/с;

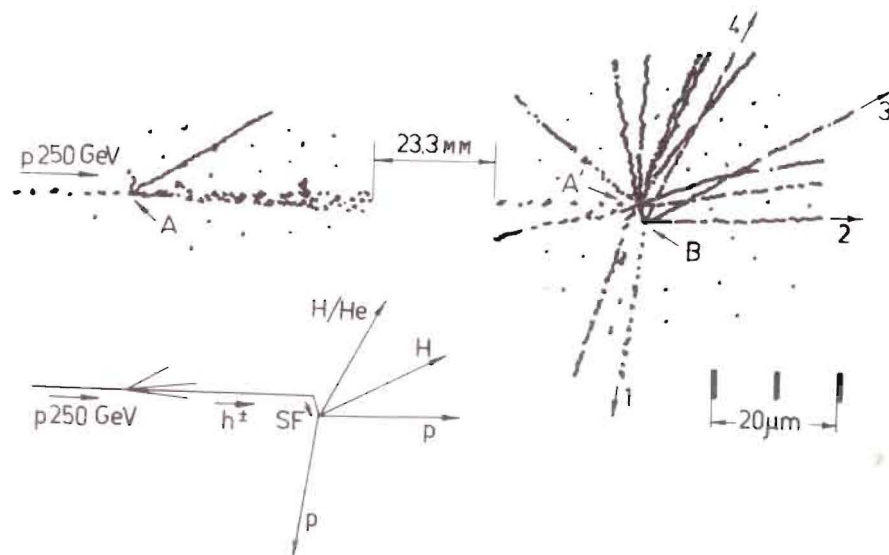
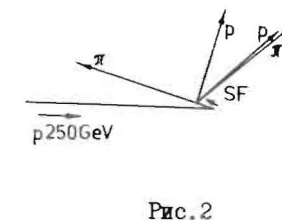
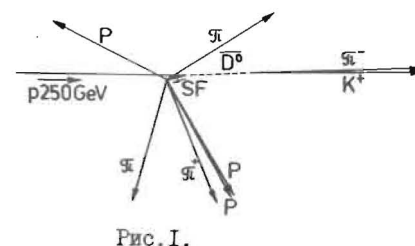
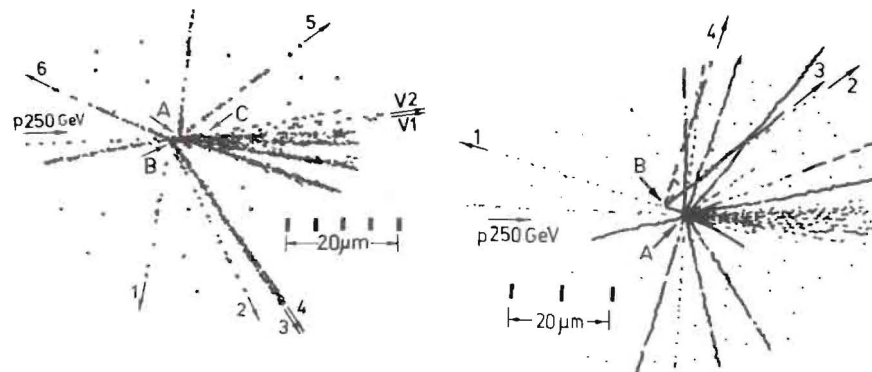


Рис.1 - 3. Микрофотографии и схемы зарегистрированных событий.

Таблица I

Характеристики событий - кандидатов в суперядра

Событие	Тип родительской звезды	С В Я З У Ш И Й		С Л Е Д		В Т О Р И Ч Н А Я		З В Е З Д А	
		Пробег R, мкм	Азимутальный угол ϕ°	Угол погружения θ°	Видимое энерго-выделение $E_{\text{вид}}, \text{ГэВ}$	Суммарный продольный импульс заряженных частиц $P_L, \text{ГэВ}/c$	Суммарный поперечный импульс заряженных частиц $P_T, \text{ГэВ}/c$	Суммарный продольный импульс заряженных частиц $P_L, \text{ГэВ}/c$	Суммарный поперечный импульс заряженных частиц $P_T, \text{ГэВ}/c$
1	$12s + 3g + 3b$	$1,8 \pm 0,5$	$168 \pm 8,9$	$0 \pm 18,0$	$1,00 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,12$	$0,53 \pm 0,04$		
2	$15s + 6g + 15b$	$3,1 \pm 0,5$	$160 \pm 5,5$	$0 \pm 10,1$	$0,58 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,01$		
3*	$6s + 0g + 1b$	$3,7 \pm 0,5$	$58 \pm 4,8$	$-18,8 \pm 8,2$	$0,45 \pm 0,01$	$0,59 \pm 0,03$	$0,62 \pm 0,10$		
3*	$2s + 8g + 12b$								

* В первичном взаимодействии типа $6s + 0g + 1b$ одна из вторичных релятивистских частиц с $\beta\gamma = 13,3 \pm 2,2$ ГэВ/с образовала на расстоянии 23,3 мм звезду типа $2s + 8g + 12b$, один из фрагментов которой является кандидатом в суперядра.

3. Малая по сравнению с видимым энерговыделением $E_{\text{вид}}$ величина продольного импульса во вторичных звездах в событиях 1 и 2: $P_L \lesssim 0,2$ ГэВ/с.

Единственным известным процессом, в котором могут наблюдаться указанные особенности, является аннигиляция медленных антипротонов. Анализ фоновых процессов показал [17], что наблюдение трех аннигиляционных звезд в нашем эксперименте маловероятно. По нашим оценкам, в просмотренном объеме фотоэмульсии можно ожидать образования $\sim 0,2$ звезд от аннигиляции медленных ($T \leq 50$ МэВ) \bar{p} в камере, облученной протонами с энергией 250 ГэВ и $\sim 5 \cdot 10^{-4}$ звезд в камерах, облученных протонами с энергией 70 ГэВ [8]. Поскольку экспериментальные данные об образовании медленных ($T \leq 50$ МэВ) антипротонов отсутствуют, мы использовали теоретические расчеты спектров \bar{p} [18], имеющие, по утверждению авторов, фактор неопределенности 2. К сожалению, наиболее неопределенны оценки именно низкоэнергетической части спектра (см. [19]). Поэтому для оценок фона от аннигиляционных звезд важно проведение экспериментов по изучению рождения низкоэнергетических \bar{p} .

Необходимо отметить, что количество аннигиляционных звезд оценивалось для расстояний $R \leq 60$ мкм (радиус поля зрения при увеличении I350X) от родительских звезд, однако уже на расстояниях более $\sim 30-40$ мкм аннигиляция медленных \bar{p} перестает быть фоном, имитирующим распады суперядер, так как становится возможным отделение следов многозарядных ($Z \geq 3$) суперфрагментов от следов \bar{p} .

Если анализируемые события являются звездами от аннигиляции медленных антипротонов, то непонятна концентрация их в непосредственной близости от родительских взаимодействий и отсутствие таких вторичных звезд на больших расстояниях до $\sim 1,5$ мм. В случае образования суперядер их пробег, напротив, должны быть порядка нескольких мкм. Поэтому естественно посмотреть, могут ли наблюдаемые события быть описаны как распады суперядер.

В этих событиях среди всех заряженных частиц из вторичных звезд, идентифицированных по измерениям пробегов, ионизации и многократного рассеяния, не обнаружено ни одной странной частицы или лептона. Однако из-за большой величины недостающего поперечного импульса в каждой из этих звезд должна быть по крайней мере одна нейтральная частица, которая может быть странной: \bar{K}^0 -мезоном или Λ^0 -гипероном. Как показывает кинематический анализ, такое предположение не противоречит тому, что найденные события могут быть интерпретированы как образование и распады суперядер.

* Вторичные частицы из-за малой энергии дают несущественный вклад в полное число аннигиляционных звезд: $< 10^{-5}$.

При проведении кинематического анализа предполагалось, что среди продуктов распада суперядер имеется только одна нейтральная частица - \bar{K}^0 -мезон или Λ^0 -гиперон ^{*)}. Поперечный относительно направления движения предполагаемого суперядра импульс этой частицы фиксировался значением суммарного поперечного импульса заряженных частиц: $\vec{P}_T^N = -\vec{P}_T^C$. Продольный импульс P_L^N варьировался так, что для импульса суперядра

$$P_{SF} = P_L^C + P_L^N$$

выполнялось условие $P_{SF} \geq 0$. Для каждого значения P_{SF} определялись инвариантная масса продуктов распада M_{SF} , энергия связи Λ_c^+ в суперядре

$$B_c = M_{ЯО} + M_{\Lambda_c^+} - M_{SF}$$

($M_{ЯО}$ - масса ядра-остова) и время пролета до распада t_{SF} .

Стабильные относительно сильных взаимодействий суперядра могут существовать при условии $B_c > 0$. Наиболее реалистичные оценки ^{18/} показывают, что B_c должна быть меньше энергии связи B_Λ в соответствующих гиперядрах. В фотозумбсионных экспериментах регистрируются легкие гиперядра с $A \leq 15$, для которых $B_\Lambda \sim 0,1-1,4$ МэВ ^{20/}. Поэтому мы приняли область допустимых значений B_c до 10 МэВ.

Результаты анализа найденных кандидатов в суперядра представлены в таблице II: схемы распада, значения импульсов суперядра P_{SF}' и \bar{K}^0 или Λ^0 P_0' , при которых $B_c = 0-10$ МэВ, а также полученные при этом значения времени пролета до распада t_{SF} . На рис. 4 в качестве примера показана зависимость B_c от P_{SF} для случая распада ${}^4_0\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 p^+ p^+ p^- p^-$ в событии I. Как видно из таблицы II, импульсы суперядер, при которых $B_c = 0-10$ МэВ, не превосходят 1,6 ГэВ/с, что является характерным для гиперядер и обычных фрагментов (см. ^{16/}). Импульсы \bar{K}^0 и Λ^0 при этом

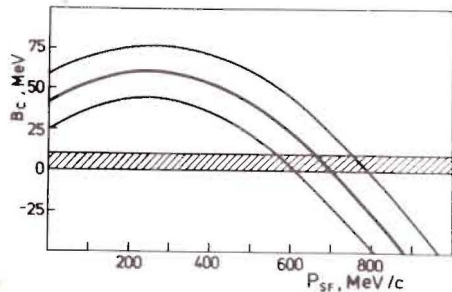


Рис. 4. Зависимость энергии связи от импульса суперядра для распада ${}^4_0\text{Be} \rightarrow \Lambda^0 p^+ p^+ p^- p^-$ в событии I.

^{*)} Возможно также наличие нейтронов, а в событиях 2 и 3 - нейтральных пионов, но количественный анализ в случае вылета более чем одной нейтральной частицы невозможен.

Таблица II

Возможная интерпретация кандидатов в суперядра

Событие	Схема распада	P_{SF}' , ГэВ/с	P_0' , ГэВ/с	t_{SF}' , 10^{-13} с
I	${}^4_0\text{Be}/c \rightarrow \Lambda^0 p^+ p^+ p^- p^-$ ($k \geq 0$)	0,40-0,88	0,64-0,87	0,22-0,79
2 ^{*)}	${}^4_0\text{He}/c \rightarrow \bar{K}^0 p^+ p^+ p^- p^-$ $\rightarrow \Lambda^0 p^+ p^+ p^- p^-$ ($k \geq 0, 0 \leq m \leq 3$)	$\leq 0,16$ 1,22-1,60	0,60-0,61 1,42-1,69	$\geq 1,84$ 0,21-0,32
3 ^{*)}	${}^3_0\text{He}/c \rightarrow \bar{K}^0 p p$ $\rightarrow \Lambda^0 p p$ ($k \geq 0, m = 0, 1$)	$\leq 0,21$ 1,12-1,43	0,69-0,82 0,78-1,05	$\geq 2,16$ 0,28-0,97

^{*)} Первый ряд значений P_{SF}' , P_0' и t_{SF}' соответствует распаду на \bar{K}^0 , второй - на Λ^0 .

⁺⁾ В этом событии имеется два решения - при малых P_{SF}' и P_0' (верхняя строка) и при больших (нижняя).

значения времен пролета кандидатов в суперядра до распада также согласуются с временем жизни Λ_c^+ .

Наибольший интерес представляет событие I, подробно описанное в работе ^{15/}, поскольку в нем обнаружена вилка (следы VI и V2 на рис. I), геометрически восстановленная вершина которой находится на расстоянии $6,3 \pm 2,8$ мкм от вершины A первичного взаимодействия. Согласно измерениям многократного рассеяния и ионизации, наиболее вероятная интерпретация частицы VI есть K-мезон. Поэтому вилка может быть интерпретирована как распад \bar{D}^0 -мезона на $K^+\pi^-$ (инвариантная масса $M_{K\pi} = 1,62^{+0,12}_{-0,13}$ ГэВ) за время $\sim 0,36 \cdot 10^{-14}$ с или на $K^+\pi^0$ за время $(0,28-0,41) \cdot 10^{-14}$ с *.

Вероятность образования подобной вилки за счет распада K_S^0 или Λ^0 , а также дифракционной диссоциации $n \rightarrow p\pi^-$ или $n \rightarrow n\pi^+\pi^-$ при толщине детектора 5 см (размер зоны просмотра фотоэмульсии в направлении пучка протонов) не превышает $\sim 7 \cdot 10^{-3}$ на одно первичное взаимодействие (оценки фона при поиске очарованных частиц см. в ^{21/}). Поэтому полное ожидаемое число фоновых событий, имитирующих одновременно распад суперядра с вероятностью P_1 и нейтральной очарованной частицы с вероятностью P_2 , равно ^{21/}:

$$N_{\Phi} = \frac{1}{2} \cdot N \cdot P_1 \cdot P_2$$

где N - количество зарегистрированных взаимодействий, и не превышает в нашем эксперименте $\sim 7 \cdot 10^4$.

В двух других событиях указания на распад второй очарованной частицы не было обнаружено до расстояний ~ 3 мм от родительских взаимодействий. Поскольку в событии 3 кандидат в суперядро найден во взаимодействии вторичной частицы k^+ , то была проверена гипотеза о том, что эта частица может быть \bar{D}^+ -мезоном. Распад второй очарованной частицы, рожденной в паре с D^+ -мезоном в вершине A (рис. 3), не был обнаружен.

Поскольку пробеги \bar{K}^0 и Λ^0 до распада составляют несколько сантиметров, то вероятность их распада в пределах фотоэмульсионной камеры невелика ($\lesssim 10-20\%$). Если при распаде суперядер кроме странной нейтральной частицы вылетает хотя бы одна дополнительная нейтральная частица - нейтрон или π^0 , то углы вылета \bar{K}^0 или Λ^0 могут отличаться от углов, определенных при кинематическом анализе распадов с одной нейтральной частицей. Поиск распадов нейтральных странных частиц проводился поэтому только в окрестности события I. Распад Λ^0 не был обнаружен.

Имеющиеся допущения и неопределенности, хотя и не противоречат интерпретации наблюдаемых событий как распадов суперядер, тем не менее не позволяют утверждать о наблюдении суперядер. Верхняя граница вы-

*) Знак заряда каона неизвестен; предположение, что он положителен, основано на гипотезе об образовании суперядра и \bar{D}^0 .

хода суперядер в протон-ядерных взаимодействиях в фотоэмульсии на 90% уровне достоверности равна:

$$P_{SF} \leq \begin{matrix} 3,1 \cdot 10^{-6} & \text{при } 250 \text{ ГэВ} \\ 3,8 \cdot 10^{-5} & \text{при } \sim 100-150 \text{ ГэВ} \\ 3,1 \cdot 10^{-5} & \text{при } 70 \text{ ГэВ} \end{matrix}$$

на одно неупругое взаимодействие, если эффективность регистрации суперядер равна 100%. Для сравнения - частота наблюдения гиперядер составляет $\sim (1,5-3) \cdot 10^{-3}$ в интервале энергий от ~ 5 до 250 ГэВ ^{16/}.

Отсюда можно сделать оценку верхней границы вероятности захвата Λ_c^+ . Эта оценка сильно зависит от сечения образования Λ_c^+ в pp-взаимодействиях и A-зависимости сечения их образования в pA-взаимодействиях. Показатель α в зависимости $\sigma \sim A^\alpha$ сечения образования очарованных частиц является функцией от X_F ^{22/}. Поэтому оценки приводятся для двух предположений: $\sigma \sim A^1$ и $\sigma \sim A^{2/3}$. Экспериментальные данные по сечениям образования Λ_c^+ в pA-взаимодействиях к настоящему времени остаются противоречивыми (см. ^{22/}). Для грубых оценок взяты результаты коллаборации ASCMOOR ^{23/}, полученные в реакции $pBe \rightarrow \Lambda_c^+ + X$ при $\sqrt{s} = 17$ ГэВ.

В предположении линейной A-зависимости получено $\sigma(pp \rightarrow \Lambda_c^+) \leq 8$ мкбн на 90% уровне достоверности. Приняв для определенности, что в случае линейной A-зависимости $\sigma(pp \rightarrow \Lambda_c^+) = 8$ мкбн при $E_p = 250$ ГэВ ($\sqrt{s} = 22,4$ ГэВ), получаем верхнюю границу вероятности захвата Λ_c^+ на ядрах A_2, Br :

$\delta_{\Lambda_c^+} \leq 4 \cdot 10^{-3}$ на 90% уровне достоверности. Для случая $\sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^{2/3}$ $\delta_{\Lambda_c^+} \leq 8,7 \cdot 10^{-3}$ на 90% уровне достоверности. Доля Λ^0 , образующих видимые гиперядра, при $E_p = 250$ ГэВ составляет несколько процентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе впервые проведен поиск очарованных аналогов гиперядер - суперядер, представляющих собой связанную систему нуклонов и легчайшего очарованного бариона Λ_c^+ . При анализе более чем $6 \cdot 10^5$ взаимодействий протонов с энергиями 70, $\sim 100-150$ и 250 ГэВ было обнаружено три кандидата в суперядро. Эти события обладают рядом признаков, характерных для суперядер: большое видимое энерговыделение $E_{вид} \sim 0,5-1,0$ ГэВ, малые пробеги до распада $R \sim 2-4$ мкм. Предположение о том, что среди нейтральных частиц, уносящих недостающий импульс, имеется странная - \bar{K}^0 или Λ^0 , не приводит к противоречию с гипотезой о распаде суперядра. Полученные при кинематическом анализе значения импульсов суперядер и нейтральных странных частиц, а также времен пролета до распада не противоречат возможности такой интерпретации.

Наибольшей достоверностью обладает событие, в котором наряду с кандидатом в суперядро обнаружена вилка от возможного распада ассоциативного партнера $\Lambda_c^+ - \bar{D}^0$ -мезона. Фон для этого события не превышает

$\sim 7 \cdot 10^{-4}$. Для второго события фон $\sim 0,2$, для третьего - не более 10^{-5} , однако в этих событиях не обнаружено указаний на распад второй очарованной частицы.

Определена верхняя граница выхода суперядер в протон-ядерных взаимодействиях в фотозумльсии на 90% уровне достоверности:

$$f_{SF} \leq \begin{array}{ll} 3,1 \cdot 10^{-6} & \text{при } 250 \text{ ГэВ} \\ 3,8 \cdot 10^{-5} & \text{при } \sim 100-150 \text{ ГэВ} \\ 3,1 \cdot 10^{-5} & \text{при } 70 \text{ ГэВ} \end{array}$$

на одно неупругое взаимодействие.

Сделана оценка верхней границы доли Λ_c^+ , образующих видимые суперядра во взаимодействиях протонов с энергией 250 ГэВ с ядрами Ag, Br . На 90% уровне достоверности эта величина равна:

$$\delta_{\Lambda_c^+} \leq \begin{array}{ll} 4,0 \cdot 10^{-3} & \text{если } \sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^1 \\ 8,7 \cdot 10^{-3} & \text{если } \sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^{2/3} \end{array}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Тяпкин А.А. ЯФ, 1975, 22, с.181.
2. Iwao S. Lett.Nuovo Cim., 1977, 19, p.647; ibid. 1980, 29, p.40.
3. Dover C.B., Kahana S.H. Phys.Rev.Lett., 1977, 39, p.1506.
4. Gatto R., Passanoni F. Nuovo Cim., 1978, 46A, p.313.
5. Bhamathi G., Prema K. On Light Supernuclei, Madras Univ.Prep., 1979; Bhamathi G. Phys.Rev., 1981, C24, p.1816.
6. Колесников Н.Н. и др. ЯФ, 1981, 34, с.957.
7. Старков Н.И., Царев В.А. Краткие сообщения по физике, 1981, №11, с.28.
8. Старков Н.И., Царев В.А. В кн.: Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, ДИ, 2-81-728, Дубна, 1981, с.155; Filkov L.V., Tsarev V.A., Starkov N.I. In: Proc. of IX Int. Conf. on Particles and Nuclei, Heidelberg, 1982, p.331.
9. Bando H., Bando M. Phys.Lett., 1982, 109B, p.164; Bando H. Preprint INS-PT-31, Tokyo, 1982; Bando H., Nagata S. Prog.Theor.Phys., 1983, 69, p.557.
10. Gibson B.F. et al. Phys.Rev., 1983, C27, p.2085.
11. Zhuang Fei, Chen Hua-zhong, Jin Xing-nan. Λ_c^+ -Interaction and the Binding Energy of Λ_c^+ Nuclei. Inst. of Atomic Energy Preprint, Beijing, 1983.
12. Wohl C.G. et al. (Particle Data Group). Rev.Mod.Phys., 1984, No.2, Part II.
13. Trilling G.H. Phys.Rep., 1981, 75, p.57.
14. Батусов Ю.А. и др. ОИЯИ, Е1-10069, Дубна, 1976.

15. Батусов Ю.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1981, 33, с.56.
16. Батусов Ю.А. и др. ОИЯИ, Р1-85-11, Дубна, 1985.
17. Ляков В.В. ОИЯИ, Р1-12695, Дубна, 1979.
18. Мёринг Г.И., Таюрский В.А. Препринт ИЯФ, 78-2, Новосибирск, 1978.
19. Жиров О.В., Шурык Э.В. ЯФ, 1978, 28, с.485.
20. Pniewski J., Zieminska D. Nucleonika, 1978, 23, p.797.
21. Gaisser T.K., Halzen F. Phys.Rev., 1976, 14, p.3153.
22. Tavernier S. Proc. XXII Int. conf. on High Energy Physics, Leipzig, 1984, vol.1, p.161.
23. Bailey R. et al. Nucl. Phys., 1984, B239, p.15.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 июня 1985 года.

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Батусов Ю.А. и др.

P1-85-495

Поиск суперядер во взаимодействиях протонов с ядрами в фотоэмульсии при энергиях 250 и 70 ГэВ

При анализе $\sim 1,27 \cdot 10^6$ взаимодействий протонов с энергиями 250, 70 ГэВ и вторичных частиц обнаружено три кандидата в суперядра. Эти события обла- дают рядом признаков, характерных для распада суперядер: большое видимое энерговыделение $E_{\text{вид}} \sim 0,5-1,0$ ГэВ, малые пробеги $R \sim 2-4$ мкм. Кинематический анализ показал, что эти события могут быть непротиворечиво интерпретированы как распады суперядер. Однако образование суперядра должно сопровождаться ассоциативным рождением очарованной античастицы. Только в одном из событий зарегистрирован кандидат на распад D^0 -мезона. По этой причине затруднительно сделать однозначный вывод о наблюдении суперядер. Верхняя граница выхода суперядер в pA-взаимодействиях в фотоэмульсии на 90% уровне достоверности равна: $f_{\text{СП}} \leq 3,1 \cdot 10^{-6}$ на одно неупругое взаимодействие при $E_p = 250$ ГэВ и $\leq 3,1 \cdot 10^{-5}$ при $E_p = 70$ ГэВ. Сделана оценка верхней границы выхода суперядер во взаимодействиях лидирующих протонов с энергией $E_p \sim 100-150$ ГэВ: $f_{\text{СП}} \leq \leq 3,8 \cdot 10^{-5}$. На 90% уровне достоверности оценена верхняя граница доли Λ_c^+ , образующих суперядра во взаимодействиях протонов с ядрами Ag, Br при энергии 250 ГэВ: $\delta_{\Lambda_c^+} \leq 4,0 \cdot 10^{-3}$, если $\sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^1$; и $\leq 8,7 \cdot 10^{-3}$, если $\sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^{2/3}$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.
Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1985

Перевод М.И.Потапова

Batusov Yu. A. et al.

P1-85-495

Search for Supernuclei in Interactions of Protons with Photoemulsion Nuclei at 250 and 70 GeV

The analysis of $\sim 1,27 \cdot 10^6$ interactions of 250 and 70 GeV protons and secondary particles has yielded three candidates for supernuclei. These events possess a set of characteristic features of a supernuclei decay: a large visible energy release $E_{\text{vis}} \sim 0,5-1,0$ GeV, short ranges $R \sim 2-4 \mu\text{m}$. The kinematical analysis has shown that there is no contradiction in interpreting those events as supernuclear decays. However the formation of a supernucleus must be accompanied by the production of an associative charmed antiparticle. A candidate for the D^0 -meson decay was registered only in one event. So it is difficult to claim for sure that supernuclei have been observed. The upper limit of the supernuclei yield in pA-interactions in photoemulsion at 90% CL is $f_{\text{SP}} \leq 3,1 \cdot 10^{-6}$ per inelastic interaction at $E_p = 250$ GeV and $\leq 3,1 \cdot 10^{-5}$ at $E_p = 70$ GeV. The estimation of the upper limit of the supernuclear yield in interaction of leading protons at $E_p \sim 100-150$ GeV has been made: $f_{\text{СП}} \leq 3,8 \cdot 10^{-5}$. The upper limit of the fraction of Λ_c^+ producing supernuclei in interactions of 250 GeV protons with Ag, Br nuclei has been estimated at 90% CL: $\delta_{\Lambda_c^+} \leq 4,0 \cdot 10^{-3}$ for $\sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^1$ and $\leq 8,7 \cdot 10^{-3}$ for $\sigma(pA \rightarrow \Lambda_c^+) \sim A^{2/3}$.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1985