

Доклад основан на работах^{/1-5/}, представленных на Тбилисскую конференцию. Время жизни новых частиц предполагается равным 10^{-12} - 10^{-14} сек. Единственным трековым детектором, позволяющим в настоящее время зарегистрировать вершину распада частиц с таким временем жизни, является ядерная фотоэмульсия. В связи с этим в разных лабораториях были начаты опыты по поиску новых частиц и ядер фотоэмульсионной методикой на ускорителях в ИФВЭ (Серпухов) и в НАЛ (Батавия); изучались взаимодействия протонов с энергиями 70, 200, 250 и 400 ГэВ с нуклонами и ядрами в фотоэмульсии.

В работе^{/1/}, выполненной в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, проводился поиск новых ядер, так называемых суперфрагментов, в которых один из нуклонов заменен "очарованным" барионом с наименьшей массой^{/6/}. Две фотоэмульсионные камеры, каждая объемом 2 л., были облучены протонами с энергией 70 ГэВ в ИФВЭ (Серпухов) и 250 ГэВ в НАЛ (Батавия). Зарегистрировано 100000 и 150000 протон-ядерных взаимодействий, соответственно.

Окрестности найденных звезд просматривались в радиусе 65 мкм и регистрировались "двойные" звезды, связанные с первичной звездой черным или серым треком. Было зарегистрировано 5 вторичных звезд (что соответствует вероятности 2×10^{-5}) на расстояниях меньших 10 мкм от первичных взаимодействий с видимым энерговыделением в интервале 1.0-2.6 ГэВ. Результаты анализа этих событий

Таблица I

Характеристики вторичных звезд

№ пп	Энергия первичных протонов, ГэВ	Длина соедин. трека, мкм	Идентификация частиц во вторичных звездах	Полная энергия заряжен. мезонов, ГэВ	Видимое энерговыделение, ГэВ
1.	70	$6,8 \pm 1,2$	2p+4π	$1,20 \pm 0,08$	$2,1 \pm 0,2$
2.	70	$9,0 \pm 1,2$	15p+5π	$1,62 \pm 0,15$	$2,6 \pm 0,2$
3.	250	$8,2 \pm 1,2$	7p+3π	$0,34 \pm 0,01$	$1,5 \pm 0,2$
4.	250	$7,9 \pm 1,2$	10p+2π	$0,50 \pm 0,03$	$1,0 \pm 0,1$
5.	250	$2,1 \pm 1,2$	3p+3π	$0,82 \pm 0,04$	$1,0 \pm 0,1$

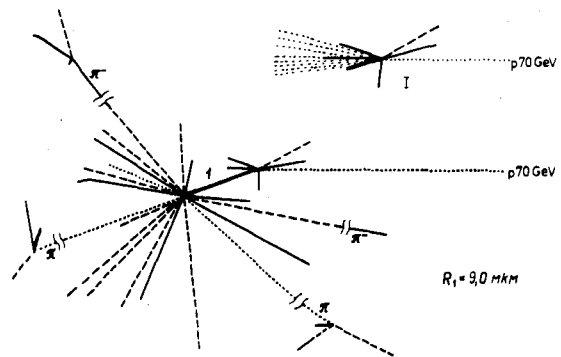


Рис. I.

представлены в таблице I. На рис. I схематически показан вид одного из зарегистрированных событий. Анализ треков из вторичных звезд показал, что все они принадлежат либо пионам, либо протонам. Наблюдаемые события не могут быть объяснены аннигиляцией медленных антипротонов и антидейтонов. Другое возможное объяснение, казалось естественно может быть связано с суперядрами. Однако для доказательства существования суперядер решающее значение должно иметь наблюдение ассоциативного рождения частицы со временем жизни порядка 10^{-12} - 10^{-14} сек. Никаких признаков распада частиц в окрестности 3 мм от центра первичных звезд не было обнаружено. По этой причине наблюдаемые расщепления с аномальным энерговыделением не были отнесены к суперядрам с предполагаемыми свойствами. Верхняя граница наблюдения суперядер равна:

$$\sigma \cdot W < 3.2 \times 10^{-31} \text{ см}^2 \text{ при энергии 70 ГэВ}$$

$$\sigma \cdot W < 2.2 \times 10^{-31} \text{ см}^2 \text{ при энергии 250 ГэВ,}$$

где σ - сечение образования "очарованного" бариона в протон-нуклонных взаимодействиях, а W - вероятность его захвата ядром. Для однозначной интерпретации наблюдаемого образования вторичных звезд на малых расстояниях с аномальным энерговыделением необходимо детальное исследование вторичных расщеплений при высоких энергиях.

В работе А. Комара и др.^{/2/}, выполненной в Физическом Институте им. Лебедева исследовались взаимодействия протонов с энергией 200 ГэВ в фотоэмульсии. В результате анализа около 100 звезд зарегистрирован 1 случай, схематически показанный

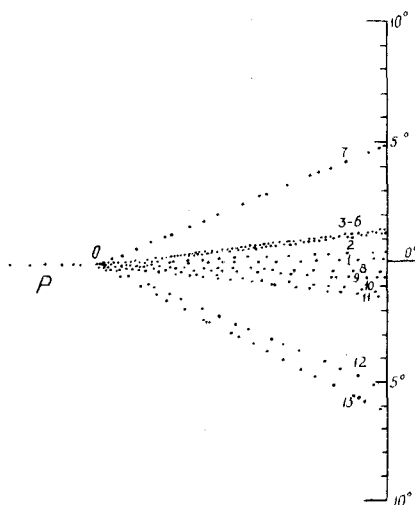


Рис.2.

на рис.2, который интерпретируется авторами, как возможное проявление ассоциативного рождения "очарованных" бариона и мезона с последующим распадом по схемам:

$$B_c \rightarrow \Sigma + 3\pi \quad \text{или} \quad p + K + 2\pi$$

$$\tilde{M}_c \rightarrow K + \pi + e + \bar{\nu}_e + n\pi$$

Массы и времена жизни равны:

$$M_{B_c} = (2,6 \pm 0,3) \text{ ГэВ}; M_{\tilde{M}_c} \geq (2,3 \pm 0,3) \text{ ГэВ}$$

$$\tau_{B_c} \sim 5 \times 10^{-15} \text{ сек}; \quad \tau_{\tilde{M}_c} \sim 10^{-15} \text{ сек}$$

Однако интерпретация этого события не является однозначной. В частности, по измерениям ионизации и кулоновского рассеяния, приведенным в работе^[2] не исключено, что след № 13 принадлежит позитрону и в этом случае треки № 12 и № 13 могут соответствовать паре Далица от распада Π^0 -мезона.

В работе Г.Орловой и др.^[3] в тех же фотоэмульсиях, облученных протонами с энергией 200 ГэВ, изучались распады заряженных частиц на одну заряженную и нейтральные ("изломы"), а также распады нейтральных частиц на две заряженные ("вилки") в интервале времен жизни 10^{-12} – 10^{-14} сек.

В результате анализа 137 pN -взаимодействий на 875 следах вторичных частиц (общая длина следов 17,6 м) наблюдалось 4 "излома" с углами рассеяния от $0,6^\circ$ до 10° с потерей энергии; в

трех случаях поперечный импульс превышал 0,6 ГэВ/с. Фон от распада странных частиц и за счет взаимодействия с ядрами оценивается в 2 события. Два события отнесены авторами к возможным распадам новых частиц.

Для поиска распада новых нейтральных частиц просматривались области около звезд по осям ОХ на 500 мкм, ОУ на ± 50 мкм, и ОZ на ± 50 мкм. Были просмотрены окрестности 319 звезд. Найдена одна вилка на расстоянии 35 мкм от звезды, со временем до распада 2×10^{-14} сек. Идентификация частиц от распада неоднозначна. В зависимости от природы частиц распада масса нейтральной частицы равна $(1,2 \pm 0,1)$ ГэВ, что совпадает с массой Λ^0 -частицы, либо равна $(1,5-2,0)$ ГэВ, если предположить, что продуктами распада являются $(p+K)$ или $(\Sigma+\pi)$.

Н. Fuchi и др.^[4] (Япония) проанализировали 660 взаимодействий, вызванных протонами с импульсом 400 ГэВ/с в фотоэмульсии либо в пластике. Пучок протонов падал вертикально к поверхности слоев. Камеры, составленные из слоев размерами 9,5 x 12,0 см², состояли из двух частей; верхняя часть камеры представляла собой мишень, а нижняя – использовалась для анализа вторичных частиц. Слои мишени были выполнены из пластика толщиной 150 и 300 мкм, который поливался с обеих сторон фотоэмульсией толщиной 50 или 200 мкм. Нижняя часть камеры представляла собой сандвич из фотоэмульсии и тонких пластин из свинца толщиной 0,5 мм или вольфрама толщиной 0,3 мм. Всего было облучено 7 камер такого типа. В результате просмотра нескольких слоев мишени было зарегистрировано 660 взаимодействий и прослежено 7059 треков на несколько миллиметров от их начала. Полная длина треков составляла 12,7 м. Зарегистрировано 10 изломов. Для анализа фона использовалось распределение по квадрату переданного импульса для событий, соответствующих упругому рассеянию различных частиц на протонах и ядрах. Авторы относят 7 событий к фоновым; 3 события со значением квадрата переданного импульса больше 0,5 (ГэВ/с)² были отнесены к распадам новых частиц (рис.3).

РАСПАДЫ $\chi^\pm$

Таблица II

Энергия протонов ГэВ	Число звезд	Число возможных "очарован- ных частиц"	Вероятность образования	Мода распада	Масса ГэВ	Расстояние до распада в л.с.к. мкм	Время до распада в с.ц.и. сек	ссылки
205	36	I	$\sim 3 \times 10^{-2}$	$\chi^\pm \rightarrow \pi^\pm K^0$ $\rho^\pm K^0$	1.3-1.9	5700	$(1.3-1.9) \times 10^{-12}$	K. Hoshino ^{/7/}
200	137	2	$\sim 1.5 \times 10^{-2}$	$\chi^\pm \rightarrow \chi^\pm + n \chi^0$	2-2,5	680 7100	2×10^{-13} 6×10^{-12}	Г. Орлова ^{/3/}
400	660	3	$\sim 4.5 \times 10^{-3}$	$\chi^\pm \rightarrow \alpha + b$	-	200- 2000	-	H. Fuchi ^{/4/}
400	70	-	-	-	-	-	-	J. Mundra ^{/5/}

Таблица III.

РАСПАДЫ χ^0

Энергия протонов ГэВ	Число звезд	Число возможных "очарован- ных" частиц	Вероятность образования	Мода распада	Масса ГэВ	Расстояние до распада в л.с.к. мкм	Время до распада в с.ц.и. сек	Ссылки
205	36	I	$\sim 3 \times 10^{-2}$	$\chi^0 \rightarrow \frac{K_S^0}{\Sigma \pi}$	1.4-2.3	809	$(1-1.5) \times 10^{-13}$	K. Hoshino ^{/7/}
200	319	I	$\sim 3 \times 10^{-3}$	$\chi^0 \rightarrow \frac{\rho^0 K^0}{\Sigma \pi}$	1,5-2,0	35	$(2-3) \times 10^{-14}$	Г. Орлова ^{/3/}
300	800	I	$\sim 1.3 \times 10^{-3}$	$\chi^0 \rightarrow \alpha + b$	-	194	10^{-13}	P. Jain ^{/8/}

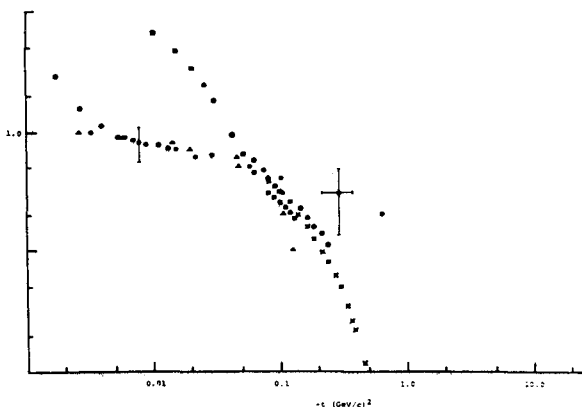


Рис.3.

J. P. Mundra и др. ^{/5/} (Новая Зеландия) представили предварительные результаты анализа 70 pN-взаимодействий при энергии 400 ГэВ в фотоэмульсии. Результаты последних работ по поиску распадов новых частиц представлены в таблицах II и III.

Вероятность образования предполагаемых новых частиц составляет $10^{-2}-10^{-3}$ от полного числа неупругих взаимодействий протонов с ядрами в фотоэмульсии, что соответствует полному сечению $\sigma = (10^{-28}-10^{-29}) \text{ см}^2$. Следует отметить, что в работах, представленных в таблицах II и III, новые

частицы могут быть выделены лишь статистически. По этой причине необходимо существенное увеличение статистики и уточнение фона. Таким образом по результатам работ, выполненных фотоэмульсионным методом и представленных на Тбилисску конференцию, можно говорить лишь о некоторых указаниях на возможное существование новых частиц, образованных в протон-ядерных взаимодействиях в интервале энергий 70-400 ГэВ. Однако эти работы показали уникальные возможности метода для регистрации частиц со временем жизни 10^{-12} - 10^{-14} сек и безусловно в ближайшее время фронт работ по поиску новых частиц с помощью фотоэмульсий будет существенно расширен.

Литература

1. Ю.А.Батусов, С.А.Бунятов; В.Д.Ляков, В.М.Сидоров, А.А.Тяпкин, В.А.Ярба. "Поиски суперфрагментов в протон-ядерных взаимодействиях при энергиях 70 и 250 ГэВ", ОИЯИ, ЕИ-10069, Дубна, 1976.
2. А.А.Комар, Г.И.Орлова, М.И.Третьякова, М.М.Чернявский. "Образование одиночного электрона в -взаимодействии в эмульсии и возможная интерпретация этого события как рождение чармированных частиц". Препринт №13 Физический институт им.Левбедева, Москва, 1976.
3. Г.И.Орлова, Н.И.Третьякова, М.М.Чернявский. "Изучение новых короткоживущих частиц со временем жизни 10^{-12} - 10^{-14} сек во взаимодействиях протонов с нуклонами и ядрами фотоэмульсии при 200 ГэВ".
4. H.Fuchi, K.Hoshino, S.Kuramata, K.Niu, K.Niwa et al. "X particles and their backgrounds in 400 GeV/c Proton Interactions".
5. J.P.Mundra, G.D.Putt, D.C.Stuteley and P.C.M. Yock. "Search for production of particles with lifetimes 10^{-12} - 10^{-14} sec in 400 GeV proton interactions in nuclear emulsion".
6. А.А.Тяпкин. ЯФ 22, 181, 1975, ОИЯИ ЕИ-8657, 1975.
7. K.Hashino et al. Prog.Theor.Phys., 53, 1859, 1975.
8. P.Jain, P.R.L.34, 1238, 1975.

PHOTOPRODUCTION EXPERIMENTS

A.Wattenberg

Illinois Univ., Urbana, USA

Four different groups are reporting experiments to this Conference; obviously all that can be done in this short time is to give their results with almost no details. Photoproduction is of interest to this session for three reasons:

1) The photon couples directly to $J^P=1^-$ mesons and therefore photon beams are a powerful tool to search for new vector mesons.

2) Using the simple Vector Dominance Model and the optical theorem one obtains a relationship between the forward photoproduction cross section and the square of the total cross section for Ψ nucleon interaction

$$\left[\frac{d\sigma(\gamma p \rightarrow \Psi p)}{dt} \right]_{t=0} = \frac{1}{16\pi} \frac{\Gamma_{\Psi \rightarrow ee}}{M_{\Psi}} G_{\text{TOTAL}}^2(\Psi N \rightarrow \Psi N)$$

The results obtained in the broad band photon beam at FNAL and at SLAC showed that $G_{\text{TOTAL}}(\Psi N \rightarrow \Psi N) \sim 1$ mb and that Ψ is a hadron.

3) With the results from 2) and the assumption that $G_{\text{elastic}}(\Psi N) \rightarrow 0$ at $s \rightarrow \infty$, the photoproduction of charmed particles is calculable and reasonable large: $\sigma(\gamma p \rightarrow D\bar{D} + X) \geq 300$ mb (see Silvers, Townsend and West^{1/}).

The report J42/n1-21 was performed by groups from FNAL, LEBEDEV, SANTA BARBARA (CAL) and TORONTO and used a tagged photon beam at FNAL^{2/}. They studied $\gamma + D \rightarrow NP + \Psi \rightarrow e^+e^-$ and obtained that $\sigma(\gamma p \rightarrow \Psi p) = 37.5 \pm 8.2$ nb at 55 GeV. Their mass plot is shown in figure 1.

TABLE I. J/ψ photoproduction versus energy

Experiment	$\langle E_{\gamma} \rangle$ (GeV)	k_{max} (GeV)	b $A_{tgt} (GeV^{-2})$	$(d\sigma/dt)_{t=0}$ per nucleon (nb/GeV ²)	σ (nb)
Cornell	11.0	11.8	9	1.01 ± 0.2	$\frac{b=1.25}{0.67 \pm 0.21}$
SLAC	13	13.5	2	7.5 ± 1.7	$\frac{b=2.9}{5.2 \pm 0.6}$
	19	20	2	2.9 ± 0.3	
	19	19.5	2	15.5 ± 1.4	
	19	19.5	1	13.9 ± 1.4	
Fermilab (tagged γ , this experiment)	55	31-80	2	1.8 ± 0.4	$\frac{b=1.6}{37.5 \pm 8.2}$
Fermilab (broadband γ)	116	50-210	9	≈ 2	$\frac{b=2}{\sim 28}$
				$(\mu^+\mu^-)$ (e^+e^-)	
				56 ± 19 59 ± 15	

Table 1 is their compilation of J/ψ photoproduction versus energy. One sees that their values are in agreement with the earlier value