

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АДРОНАХ В СЕМЕЙСТВАХ
И МОДЕЛЬ БЫСТРОГО КЛАСТЕРА

А. В. Апанасенко, Л. Т. Баратвей, Ю. А. Смиронин

УДК 539.171.017

Проведено сравнение предсказаний модели быстрого кластера для среднего числа и энергетического спектра адронов, рождающихся во взаимодействиях с энергией 10–100 Тэв одновременно с семействами γ -квантов, с первыми экспериментальными данными, полученными в эксперименте "Памир". Согласие экспериментальных и рассчитанных данных подтверждает основные положения модели быстрого кластера, о рождении не только нейтральных, но и заряженных пионов.

До сих пор при исследованиях множественного рождения частиц с помощью эмульсионных камер экспериментальная информация ограничивалась данными о γ -квантах. При анализе предполагалось /1,2/, что γ -кванты обусловлены распадом X^0 -мезонов, образующихся во взаимодействиях.

Исходя из зарядовой симметрии, устанавливаемой экспериментально в среднем для рождения пионов в атмосфере, была предложена в 1968 году /2/ модель тяжелой изобарн, в которой рождение пионов с равным зарядом происходило в соответствии с зарядовой независимостью. Вторая основная особенность модели заключалась в движении пионной системы с лоренц-фактором, отличающимся всего в 3–4 раза от лоренц-фактора нуклона до взаимодействия. Поэтому эту модель следует назвать моделью быстрого кластера. Образование в широком интервале энергий неизменного кластера естественно связать с предельной фрагментацией налетающей частицы /3/.

Расчеты по модели быстрого кластера с учетом естественных статистических флуктуаций хорошо описывали все данные о семействах γ -квантов (энергетические и угловые распределения, распределение по множественности) и предсказывали существенное влияние отбора взаимодействий на результаты, особенно на соотношение между числом нейтральных и заряженных пионов /4/.

На конференции в Харькове доложены первые результаты эксперимента "Памир" /5/, где наряду с γ -квантами впервые детектировались и адроны, рождающиеся в тех же взаимодействиях. Данные об адронах чрезвычайно важны, так как они позволяют уже при достигнутой пока невысокой точности проверить основные предположения, которые положены в основу анализа семейств /1,2/.

Цель настоящей работы состоит в сравнении предварительных данных Памирского сотрудничества об адронах с результатами расчетов /4/ по модели быстрого кластера на настоящем предварительном этапе, не дожидаясь полной обработки экспериментального материала. Авторы надеются, что сопоставление поможет проводить последующую обработку более целенаправленно.

I. На рис. I сопоставлены экспериментальный и расчетный интегральные энергетические спектры адронов в семействах, отобранных по суммарной энергии адронов ΣE_n . Использование переменной f -доли энергии отдельного адрона по отношению к полной энергии адронной компоненты - позволяет существенно исключить методические неопределенности в величине энергии частиц, разные у различных групп, работающих в сотрудничестве. Нормировка расчетного спектра к экспериментальному произведена при значении $f = 0,2$, так как в области $f \geq 0,2$ искажение спектра, обусловленное наличием порога регистрации адронов, не существенно. Сравнение спектров с помощью χ^2 -теста приводит к величине $P_5(\chi^2) = 0,20$, что говорит об удовлетворительном согласии расчетного спектра с экспериментальным.

При анализе мировых данных о семействах было показано /2/, что спектр γ -квантов в семействах хорошо аппроксимируется экспонентой

$$N(>f) = \frac{1}{a} e^{-f/a}, \quad (I)$$

где $f = K_y/\Sigma E_n$, $a = 0,14 \pm 0,02$.

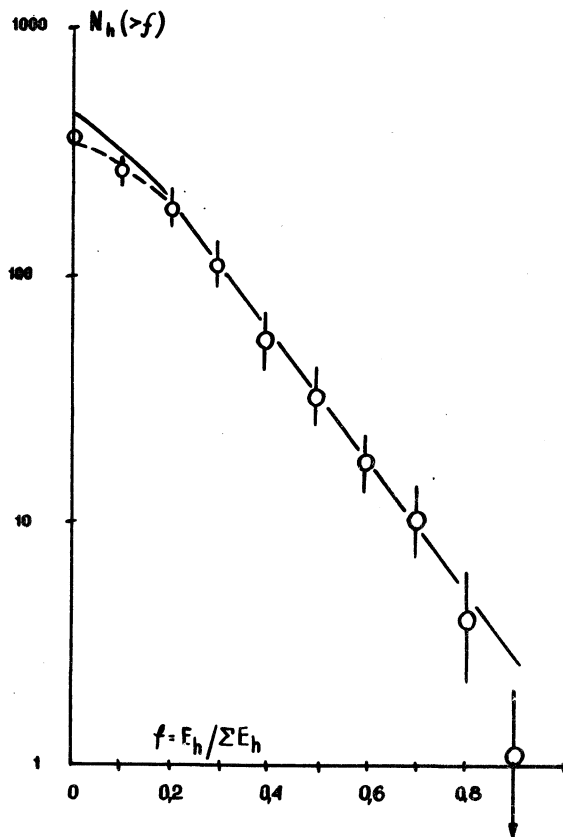
Согласно /7/ интегральному спектру γ -квантов (I) соответствует спектр π^0 -мезонов вида

$$\frac{dN}{dE} = \frac{1}{2a^2} \frac{f}{a} e^{-f/a}, \quad (2)$$

где теперь $f = K_\pi/\Sigma E_{\pi^0}$.

Экспериментальный спектр заряженных пионов, составляющих основную долю регистрируемых адронов, должен быть аналогичен спек-

ру π^0 -мезонов и должен описываться формулой (2). В области $f > a$ форма спектра определяется экспоненциальным множителем, поэтому здесь можно определить коэффициент в показателе экспоненты спек-



Р и с. 1. Спектр адронов в семействах γ -квантов. Сплошная линия - расчет, пунктир - то же с учетом порога, точки - эксперимент /5/.

ра "а". Используя для нахождения "а" метод наибольшего правдоподобия /2/, получаем для экспериментального спектра значение $a = 0,16 \pm 0,03$, которое согласуется с величиной $a = 0,17$, рассчитанной по модели быстрого кластера /4/.

Величина "а" для спектра адронов несколько превышает величину "а" для спектра квантов при отборе семейств по ΣE_{γ} . В работе /2/ показано, что значение "а" определяется величиной массы кластера, уносимой рассматриваемыми пионами: $a = \mu K / M_{\pi}$, где μ - масса пиона, M_{π} - масса кластера, уносимая рассматриваемыми пионами, K - коэффициент, учитывающий отличие планковского спектра пионов от экспоненциальной аппроксимации этого спектра; при $T = 0,8 \mu c^2$, принятой в расчетах, $K=1,4$.

Благодаря флуктуациям отбор событий по разным критериям приводит к смещению значений масс кластеров. Результаты расчетов по модели быстрого кластера /4/ приведены в таблице I. Из нее видно, что спектр адронов во взаимодействиях при отборе событий по ΣE_{γ} будет характеризоваться еще большим "а".

Таблица I

Критерии отбора событий	$\Sigma E_{\gamma} > \epsilon$	$\Sigma E_{\pi} \geq \epsilon$	$\Sigma E_{\pi} = \Sigma E_{\gamma} + \Sigma E_{\pi} > \epsilon$
M_{π^0} , Гэв/с ²	1,50	0,55	0,85
$(M_{\pi^+} + M_{\pi^-})/2$, Гэв/с ²	0,50	1,00	0,85

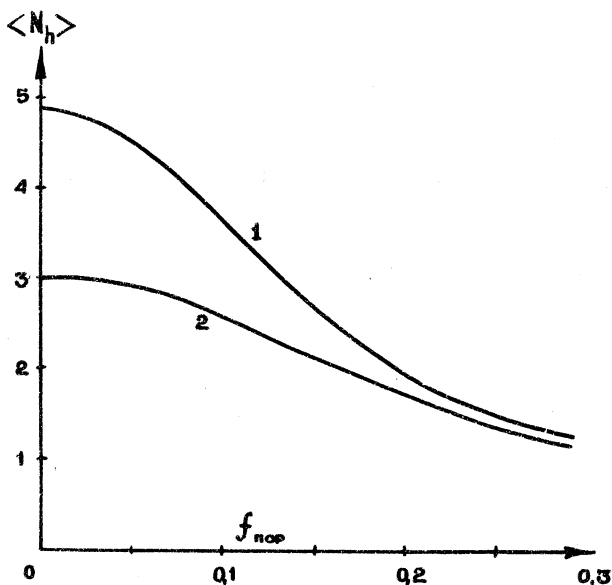
2. Представляют большой интерес данные о зависимости числа рождающихся адронов от энергии взаимодействия. Напомним, что установление постоянства числа γ -квантов в семействах с разной энергией требует учета каскадного размножения, так как вклад вторичных электронов тем больше, чем больше энергия первичного кванта.

Таблица 2

ΣE_{γ} , Гэв		10-20	20-30	30-50	50-100
$\langle \Sigma E_{\pi} \rangle$	эксперимент	17 ± 3	34 ± 10	29 ± 6	33 ± 10
	расчет	$6,2 \pm 1,3$ ($\sigma = 7,7$)	14 ± 2 ($\sigma = 13$)	20 ± 2 ($\sigma = 22$)	40 ± 4 ($\sigma = 47$)
$\langle N_{\pi} \rangle$	эксперимент	$2,0 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,9$	$3,2 \pm 0,9$
	расчет	$0,8 \pm 0,1$ ($\sigma = 0,7$)	$1,5 \pm 0,1$ ($\sigma = 1,0$)	$2,0 \pm 0,1$ ($\sigma = 1,4$)	$2,6 \pm 0,1$ ($\sigma = 1,6$)
$\langle x_{\pi} \rangle_{\text{пор}}$		0,12	0,08	0,05	0,03

Поэтому при анализе множественности необходимо использовать для семейств с разной энергией одно и то же пороговое значение f /2/.

Так как для адронов каскадное размножение не имеет места, то анализ множественности существенно упрощается. Нужно учиты-



Р и с. 2. Зависимость среднего числа адронов в семействах от порога регистрации адронов. 1-отбор по $\Sigma E_h \geq \epsilon$; $f = E_h / \Sigma E_h$;
2-отбор $\Sigma E_h \geq \epsilon$; $f = E_\gamma / \Sigma E_h$

вать только сравнительно слабую зависимость множественности от порога регистрации. Эта зависимость представлена на рис.2.

В таблице 2 приведены данные Памирского сотрудничества из работы /5/ о числе адронов для нескольких энергетических групп взаимодействий, отобранных по ΣE_γ при условии $n_\gamma > 3$. ΣE_h , E_h - суммарная энергия адронов и средняя множественность адронов при расчетах по модели быстрого кластера /2-4/, σ - дисперсия расчетных величин, $x_{пор} = (E_{пор} / \Sigma E_h) K_1$, где K_1 - коэффициент неупругости. Следует иметь в виду, что в группе семейств

с наименьшей энергией, близкой к пороговой, использование относительной энергии Γ не исключает полностью методических различий в отборе и в определении энергии адронов и эффективности регистрации адронов в разных группах сотрудничества. Поэтому экспериментальные данные для этой группы могут существенно выходить за погрешности, указанные в /5/.

При увеличении энергии семейств от ~ 10 до ~ 100 Гэв среднее число адронов не изменяется в пределах ошибок опыта. Это полностью подтверждает полученный ранее вывод о независимости числа χ^0 -мезонов в семействах от энергии семейств.

Таким образом, данные эксперимента "Памир" для адронной компоненты семейств, как о среднем числе адронов, так и об их энергии согласуются с предсказаниями модели быстрого кластера, подтверждая основные положения модели: независимость множественности от энергии, зарядовую независимость в рождении пионов, характер флуктуаций и влияние критериев отбора событий в опытах.

Поступила в редакцию
18 июня 1974 года

После переработки
4 декабря 1974 года

Л и т е р а т у р а

1. Japan Brasil Collaboration. Progr. Theor. Phys. of Japan, Suppl. 47, 1-125 (1971).
2. А. В. Апанасенко, Л. Т. Барадзей, Ю. А. Смородин и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 32, 374 (1968).
3. А. В. Апанасенко, Л. Т. Барадзей, Ю. А. Смородин и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 12, 315 (1971); Изв. АН СССР, сер. физ., 36, 632 (1972).
4. А. В. Апанасенко, Ю. А. Смородин, Е. А. Солопов. Proc. of 13th Int. Coor. Rays Conf., Denver. v.3, 2263, 1973.
5. Памирское сотрудничество. Изв. АН СССР, сер. физ., 38, 978 (1974).
6. А. В. Апанасенко, Л. Т. Барадзей, Ю. А. Смородин et al. Acta Physica Acad. Scien. Hung., 29, Suppl. 3, 85 (1970).
7. A. G. Carlson, J. E. Hooper, D. T. Ring. Phys. Mag., 41, 701 (1950).