

ПОИСКИ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ФАЙРБОЛОВ ПРИ ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЯМИ 20 и 23 Гэв

Г.Б.Жданов, М.И.Третьякова, М.М.Чернявский

Для выяснения возможности образования файрболов нами произведен анализ квазинуклонных взаимодействий протонов с энергиями 20 и 23 Гэв, зарегистрированных с помощью фотозмульсий, облученных на ускорителе в ЦЕРН'е в импульсном магнитном поле (180 кэ). По описанным ранее [1] критериям было отобрано около 160 взаимодействий квазинуклонного типа с множественностью $n = 5 - 8$, из которых около 40 содержали два протона в конечном состоянии. Наряду с углами вылета всех заряженных вторичных частиц измерялись их импульсы с приведенными в табл. 1 точностями, определялся знак заряда и природа частицы.

Таблица 1

Точности измерения импульсов частиц

Точность измерения, $\Delta p/p$	$\leq 10\%$	11-20%	20-30%	30-50%	Примечание
Для быстрых ($> 1,5$ Гэв/с) частиц	$\sim 10\%$	65%	$\sim 20\%$	-	Не идентифиц. $\sim 5\%$
Для медленных ($< 1,5$ Гэв/с) частиц	$\sim 20\%$	20%	25%	$\sim 80\%$	Не измерено $\sim 5\%$

Отбор 3-частичных реакций

1. Первый использованный нами метод основан на отыскании в каждой исследуемой звезде группы, по крайней мере, из трех заряженных пионов, которая не была бы кинематически коррелирована ни с одним из вторичных нуклонов. Этот анализ проводился только на событиях типа $2pk_{\pi^{\pm}}m_{\pi^0}$ ($k = 3 - 6$). Количественным критерием отсутствия кинематических корреляций мезонов с нуклонами была достаточно большая величина эффективных масс систем, состоящих из одного нуклона и заданного числа пионов. В частности принималось условие

$$M_{ef}(p2\pi) > 1,8 \text{ Гэв}/c^2$$

(A)

для любых возможных комбинаций протонов и пионов (поскольку образование изобар с массой $M_{ef} > 1,8 \text{ Гэв}/c^2$ можно считать маловероятным событием). Дополнительный отбор 3-пионных сгустков малой

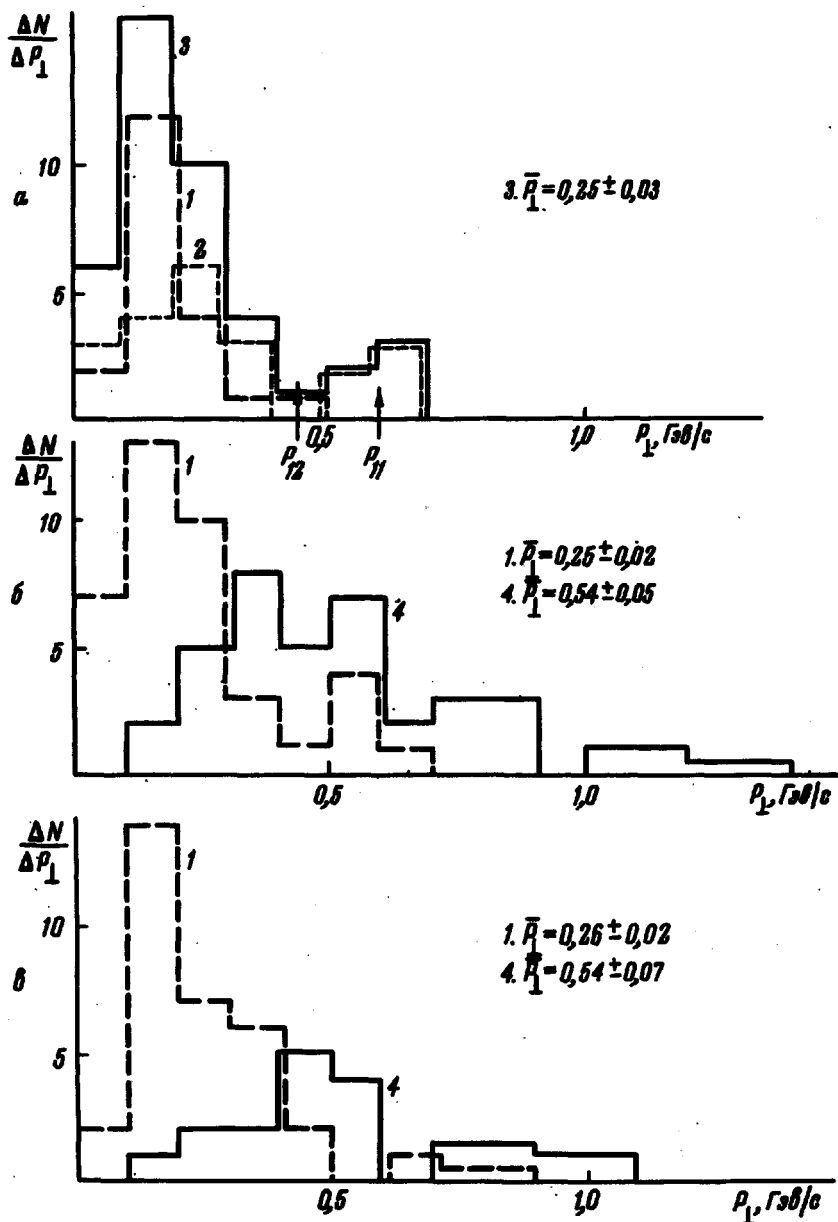


Рис. 1. Распределение поперечных импульсов пионов для разных реакций: а — $2p \rightarrow 2p\pi^+\pi^-$ ($1 - M_{ef}(p2\pi) \leq 1,8 \text{ Гэв}/c^2$); б — $M_{ef}(p\pi) \leq 1,8 \text{ Гэв}/c^2$; в — сумма 1 и 2); г — $pn \rightarrow 2p3\pi^\pm$ и $pp \rightarrow 2p4\pi^\pm$ ($4 - M_{ef}(p2\pi) > 1,8 \text{ Гэв}/c^2$); д — $pn \rightarrow 2p5\pi^\pm$ и $pp \rightarrow 2p6\pi^\pm$

массы (особенно в случае асимметричного их вылета в СЦИ) мог осуществляться с помощью более сложного критерия

$$M_{of}^2(p3\pi) - M_{of}^2(3\pi) > 3,5 (Гэв/c^2)^2. \quad (Б)$$

2. Одним из важных (хотя и не единственным) подтверждением возможности выделения 3-частичных реакций может служить представленное на рис. 1 распределение поперечных импульсов пионов. Видно, что мезоны, кинематически коррелированные с нуклонами, обладают малыми поперечными импульсами ($p_{\perp} = 0,25 \text{ Гэв}/c$), характерными для процесса распада изобар с массами до $1,8 \text{ Гэв}/c^2$. В то же время, пионы, генетически связанные с "третьим телом", обладают и другим видом распределения и ббльшим средним значением p_{\perp} ($\bar{p}_{\perp} = (0,54 \pm 0,04 \text{ Гэв}/c)$). Значению $\bar{p}_{\perp} = (0,54 \pm 0,04) \text{ Гэв}/c$ при изотропном распаде "третьего тела" на четыре частицы (см. ниже) соответствует масса $2,75 \pm 0,2 \text{ Гэв}/c^2$.

Свойства мезонных сгустков в 3-частичных реакциях

1. Отобранные по критерию (А) 15 пионных троек частиц оказались сравнительно массивными — наиболее вероятное значение их массы составляет около $1,8 \text{ Гэв}/c^2$. Анализ угловых распределений в лабораторной системе (в логарифмической шкале $\xi = \lg \text{tg} \theta$) показал, что они близки к изотропным — вероятное значение дисперсии относительно среднего значения для отдельного события составляет около 0,3.

2. Существенным свойством рассматриваемых пионных сгустков является довольно значительная величина их суммарного поперечного импульса, которая примерно соответствует алгебраической сумме импульсов отдачи обоих нуклонов (см. табл. 2).

Таблица 2

Распределение поперечных импульсов
мезонных сгустков P_{\perp} и суммарных импульсов
нуклонов отдачи $|\Sigma p_{\perp p}|$ (Гэв/c)

	0 - 0,4	0,4 - 0,8	0,8 - 1,2	1,2 - 1,6
P_{\perp}	4	5	2	4
$ \Sigma p_{\perp p} $	4	8	2	1

3. Еще одним своеобразным свойством мезонных сгустков является наличие в их составе с заметной вероятностью (порядка 50%) компланарных (с точностью $\pm(2 - 3)^\circ$) троек заряженных мезонов.

4. До сих пор шла речь о заряженных пионах, вылетающих при распаде сгустка. Однако коэффициенты неупругости в лабораторной и "зеркальной" (связанной с налетающим нуклоном) системах координат с учетом доли пионов, не имеющих отношения к "третьему телу" (если таковые имеются) позволяют определить еще три важные характеристики исследуемых 3-частичных реакций. Из законов сохранения энергии и импульса мы могли в каждом случае определить общую массу мезон-

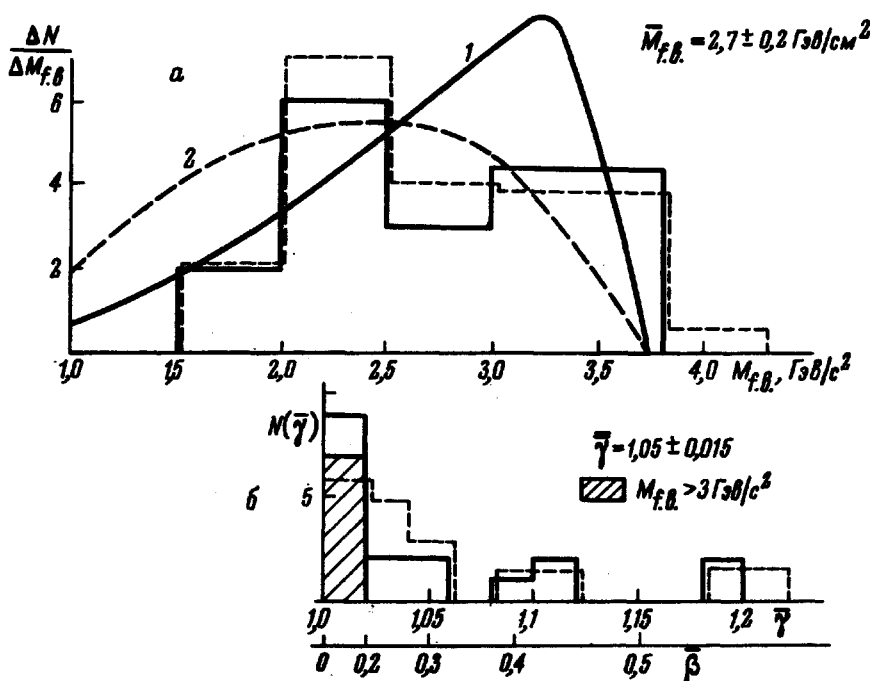


Рис. 2. Распределение масс (а) и лоренц-факторов (б) "третьего тела" в 3-частичных реакциях. Кривые 1, 2 — предсказания теории [2] для случаев образования фэйрбола и фэйрбола + изобары, соответственно

ного сгустка $M_{f,b}$ (включая нейтральные пионы). На рис. 2,а представлено распределение по этим массам 1 и там же даны распределения, предсказываемые одним из вариантов теории периферических столкновений [2] для фэйрболов, рождаемых протонами с энергией 20 ГэВ , один раз в чистом виде 1, а другой раз, — с возбуждением одного из нуклонов до состояния изобары 2.

На рис. 2, б представлено распределение сгустков по значениям лоренц-факторов $\bar{\gamma}$ в СЦИ и соответствующим скоростям $\bar{\beta}$. Видно, что почти неподвижными в СЦИ ($\bar{\gamma} \leq 1,02$) рождаются лишь наиболее массивные сгустки.

Отобранный нами ансамбль событий страдает двумя недостатками: во-первых, небольшой (~20%) примесью центральных взаимодействий, дающих избыток событий на рис. 2, б в области $\bar{y} \leq 1,02$, и, во-вторых, недосчетом 3-частичных реакций вследствие "перестраховки", допускаемой критерием (А). По внесению соответствующих изменений и дополнений в исходные критерии отбора (в частности, использование критерия (Б) вместо (А)) получают распределения, представленные пунктирными линиями на рис. 2, а и 2, б, для которых однако средние значения $M_{f. b}$ и \bar{y} остаются практически без изменений.

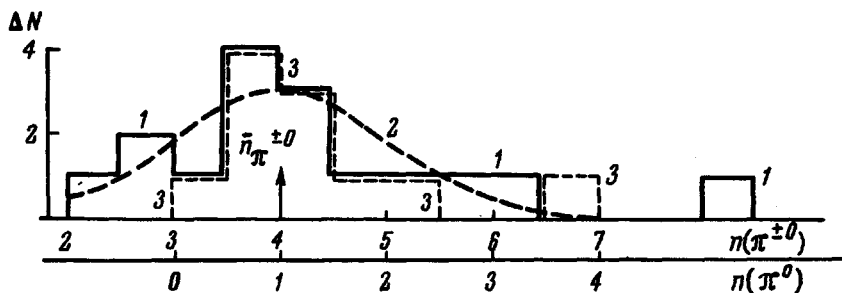


Рис. 3. Распределения по "недостающему" числу нейтральных пионов $n(\pi^0)$, основанные: 1 — на анализе коэффициентов неупругости (K_d, K_3) и эффективных масс 3-пионных систем, 3 — на анализе масс $3\pi^\pm$ и $4\pi^\pm$ -систем; 2 — гауссова кривая с дисперсией 25%

5. Исследуя представленное на рис. 3 распределение отношений полной массы сгустка к эффективной массе соответствующей системы из трех заряженных пионов можно, в принципе, установить, сколько нейтральных пионов входит (как правило) в тот же сгусток. Для этого оказалось достаточным учесть главным образом, флуктуации в отношениях 4-пионных и 3-пионных масс, которые можно заимствовать из данных о сгустках из четырех заряженных пионов. Как правило всего один нейтральный пион и следовательно полное число пионов в сгустке равно 4, в соответствии с ожиданием теории [2], требующей распада фэйрболов только на четное число пионов.

6. Одним из характерных свойств 3-частичных реакций при наличии достаточно массивного ($M_{f. b} > 1,5 \text{ Гэв}/c^2$) мезонного сгустка является довольно частое (вероятность $0,6 \pm 0,2$) появление пиона с большим ($> 0,7 \text{ Гэв}/c$) поперечным импульсом. В табл. 3 представлены данные, позволяющие определить, как долю таких 3-частичных реакций среди

взаимодействий разной множественности, независимо от наличия в них вторичных протонов, так и полное сечение подобных реакций. Оно оказалось около 6 мбн (с точностью $\sim 30\%$). И здесь имеет место удовлетворительное согласие с теорией [2], которая предсказывает сечение генерации фэйрболов около 8 мбн , при начальной энергии 20 Гэв .

Таблица 3

Доли взаимодействий с большими значениями $p_{1\pi}$ и сечения 3-частичных реакций

Число заряженных пионов	Число наблюд. взаимодей.	Сечение, мбн	Число случаев с $p_{1\pi} > 0,7 \text{ Гэв}/c$	С поправкой на вероятность набл.	Сечение 3-частичных реакций, мбн
$3\pi^{\pm}$	105	5,2	13	23	1,1
$4\pi^{\pm}$	117	4,5	23	41	1,6
$5\pi^{\pm}$	33	3,8	10	18	2,1
$6\pi^{\pm}$	20	1,9	9	16	1,5
Сумма	275	15,4	55	98	6,3

7. Для более определенного решения вопроса о природе исследованных в данной работе мезонных сгустков совершенно необходимо иметь сравнительные данные для существенно более высоких энергий (по крайней мере, 70 Гэв), поскольку теория [2] позволяет ожидать, что массы и способы распада фэйрболов в 3-частичных реакциях будут лишь в слабой степени меняться с начальной энергией.

Альтернативными объяснениями наблюдаемых явлений могут служить предположения либо о генерации тяжелых бозонных резонансов разных масс (с распадом на три π^{\pm} -мезона), либо о каскадном распаде фэйрбола с конечной стадией распада на 3 частицы.

Авторы приносят благодарность доктору Э.Даль-Иенсену за помощь в получении фотоэмульсионного материала из ЦЕРН'а, группе лаборантов за высококачественные измерения на микроскопах, И.И.Ройзену, В.Н.Акимову, Г.Т.Зацепину и А.Е.Чудакову за плодотворное обсуждение результатов.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
3 октября 1968 г.

Литература

- [1] Д.А.Галстян, Г.Б.Жданов, М.И.Третьякова, М.Н.Шербакова, М.М.Чернявский. ЖЭТФ, 51, 417, 1966.
- [2] В.Н.Акимов, И.И.Ройзен. Препринт ФИАН, № 134, 1968.