

О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЯДЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ π^- -МЕЗОНОВ С ИМПУЛЬСОМ 50 Гэв/с

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

1. Фотоэмульсии типа БР-2 толщиной 600 мк (размером 10×10 см²) были облучены на ускорителе ИФВЭ выведенным пучком π^- -мезонов с импульсом 50 Гэв/с ($\pm 0,5$ Гэв/с). Плотность облучения $8 \cdot 10^3$ см², угловой разброс пучка около $0,1^\circ$. Состав пучка: $\pi^- \sim 97\%$, $K < 1\%$, $\mu \sim 0,5\%$, $\bar{p} < 0,1\%$, $e \sim 1,5\%$.

2. С целью нахождения ядерных взаимодействий велся просмотр по следу, просмотрено 70,9 м следов, найдено 184 взаимодействия. После исключения упругих $\pi - N$ -рассеяний, дифракционных взаимодействий на ядрах, а также учета состава пучка, получена величина среднего свободного пробега для неупругого взаимодействия π^- -мезонов с ядрами фотоэмульсии

$$\lambda = (40,0 \pm 3,0) \text{ см}^1).$$

¹⁾ Для взаимодействий протонов с ядрами фотоэмульсии мы получили $\lambda = (35,0 \pm 0,6) \text{ см}$ при импульсе протонов 21 Гэв/с.

Ниже рассматриваются характеристики квазинуклонных взаимодействий (критерии отбора [1]: $N_h = N_b + N_g \leq 3$, $N_g \leq 1$, n_s – любое, где N_b – число "черных", N_g – "серых" следов, n_s – число релятивистских частиц). При этом были исключены из рассмотрения как упругие рассеяния – события типа $n_s = 1$ с углом вылета $\theta_L \leq 0,3^\circ$, так и дифракционные взаимодействия на ядрах – события типа $0^+0 + 3_p$, удовлетворяющие условию $\sum_1^3 \sin \theta_L < A^{-1/3}$, где $A = 108$.

3. Средние значения n_s и N_g для взаимодействий $\pi-N$ - и π -ядро приведены в таблице.

	\bar{n}_s	\bar{N}_g
$\pi-N$ взаимодействия ¹⁾	$5,9 \pm 0,4$	$0,23 \pm 0,06$
π -ядро (все звезды)	$7,6 \pm 0,4$	$2,20 \pm 0,2$
π -ядро (при исключении $\pi-N$)	$9,5 \pm 0,5$	$4,00 \pm 0,3$

4. Угловые распределения вторичных заряженных частиц для различных множественностей ($n = n_s + N_g$) приведены на рис. 2, а – в. Как видно, при малых множественностях ($n = 1 - 5$) в угловом распределении релятивистских частиц наблюдается существенная асимметрия вперед в системе центра инерции $\pi-N$, но это угловое распределение оказывается симметричным в системе $\pi-\pi$.

Для событий с $n \geq 6$ угловые распределения симметричны в системе $\pi-N$. Кроме того, для событий с $n = 5 - 8$ и $\sigma_1 > 0,5$ (рис. 1, в) характер угловых распределений соответствует испусканию частиц, по крайней мере, из двух центров (ибо вероятность того, что истинное угловое распределение в области $\lg \tan \theta_L = 2,0 + 0,3$ не имеет провалов не превышает 0,5% ($P(\chi^2) = 4 \cdot 10^{-3}$)).

5. Об энергетически выделенной частице.

Угловые распределения заряженных частиц в системе центра инерции $\pi-N$ (СЦИ)²⁾ для различных n приведены на рис. 2, а – б. Из рис. 2, а

¹⁾ $\bar{n} = 4,9 \pm 0,1$ для π^-p -взаимодействий при импульсе 25 Гэв/с [2].

²⁾ Пересчет в СЦИ производился в предположении постоянства поперечного импульса частиц $\bar{p}_T = 0,3$ Гэв/с (см. далее), и в этом же предположении производятся далее энергетические оценки.

следует, что для малых множественностей (≤ 5) в угловом интервале $\cos \theta_C > 0,95$ ($\theta_L < 1,8^\circ$) имеется избыток в среднем около 0,5 частицы на звезду. При этом примерно в половине событий (20 из 37) имеется

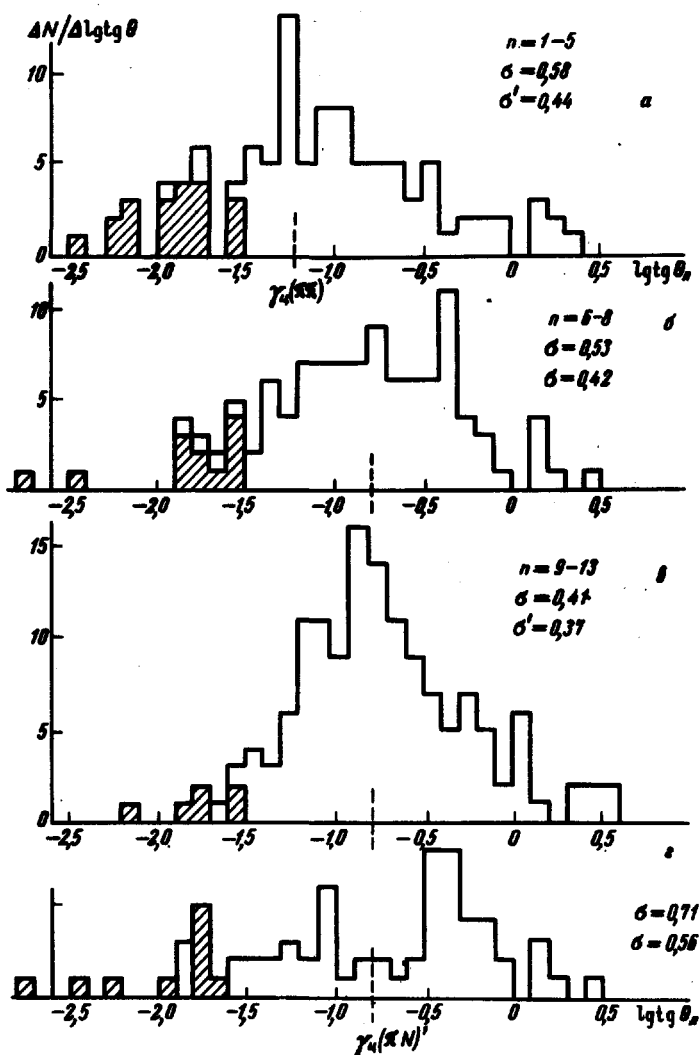


Рис.1. Угловые распределения вторичных частиц при различной множественности n : а – 37 событий, б – 16 событий, в – 15 событий, г – $n = 5 - 8$ и $\sigma_i > 0,5$ (в каждом взаимодействии) – 11 событий. (σ – дисперсия углового распределения; σ' – то же при исключении энергетически выделенной частицы (заштрихованная часть гистограмм))

энергетически выделенная частица, уносящая, по крайней мере, 20%, а в среднем $(54 \pm 6)\%$ начальной энергии. Как видно из того же рисунка, эффект угловой выделенности небольшого числа частиц имеет место

примерно в той же степени и для π^-p -взаимодействий при импульсе 16 Гэв/с с полной множественностью $n = 6$ [3] (в нашем случае $n = 3, 2$ для одних заряженных частиц) и для квазинуклонных pN -взаимодействий при импульсе 24 Гэв/с с множественностью $n = 1 - 5$. Прямые измерения показали (в обоих случаях), что этот эффект связан именно с энергетической выделенностью (а не с флуктуациями поперечных импульсов), причем для pN -взаимодействий около $2/3$ выделенных частиц составляют протоны. Из рис. 2, б следует, что для $n \geq 9$ только в $\sim 20\%$ событий имеется выделенная по углу частица.

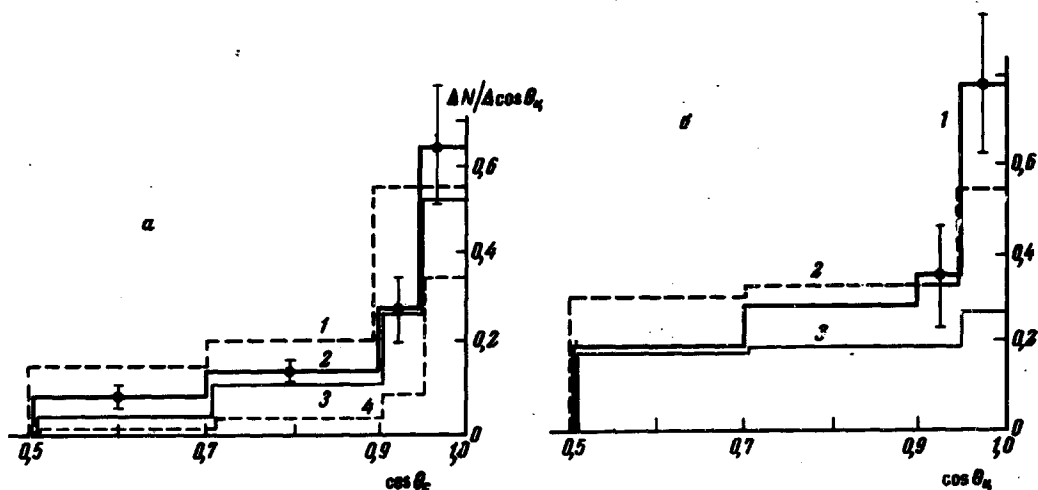


Рис. 2. Угловые распределения вторичных частиц (на 1 взаимодействие) в СЦИ: а — для взаимодействий: 1 — π^-p , 16 Гэв/с , реакция $\pi^-p \rightarrow p 2\pi^+ 3\pi^-$, 2 — π^-N , 50 Гэв/с , $n = 1 - 5$; (37 событий), 3 — pN , 24 Гэв/с , $n = 1 - 5$; (124 события), в том числе для протонов (распределение 4); б — для взаимодействий: 1 — π^-N , 50 Гэв/с , $n \geq 6$ (31 событие), 2 — то же, $n \geq 9$ (15 событий), 3 — pN , 24 Гэв/с , $n = 6 - 11$, (28 событий)

6. Импульс, уносимый нейтральными частицами.

Рассмотрим суммарный импульс, уносимый всеми заряженными частицами, который можно определить по формуле

$$P_{\pm} = \bar{p}_{\pm} \sum_1^{n_s} \sin \theta_L^{-1}.$$

Непосредственные измерения поперечных импульсов были проведены нами для 40 частиц в интервале углов $\theta_L = 0,5 - 10^\circ$ и привели к значению $\bar{p}_{\pm} = 0,3 \text{ Гэв/с}$ ($\pm 10\%$). Эта величина согласуется с данными по π^-p -взаимодействиям при импульсе 16 Гэв/с . Импульс, уносимый нейтральными частицами, $P_0 = P - P_{\pm}$ и соответствующий коэффициент неупругости $K_0 = P_0 / P$ (P — импульс первичного π^- -мезона). Из анали-

за данных, представленных на рис. 3, а, следует, что для взаимодействий с $n \leq 5$ примерно в половине случаев $K_0 > 0,65$ и при этом $\bar{K}_0 = 0,80 \pm 0,03$.

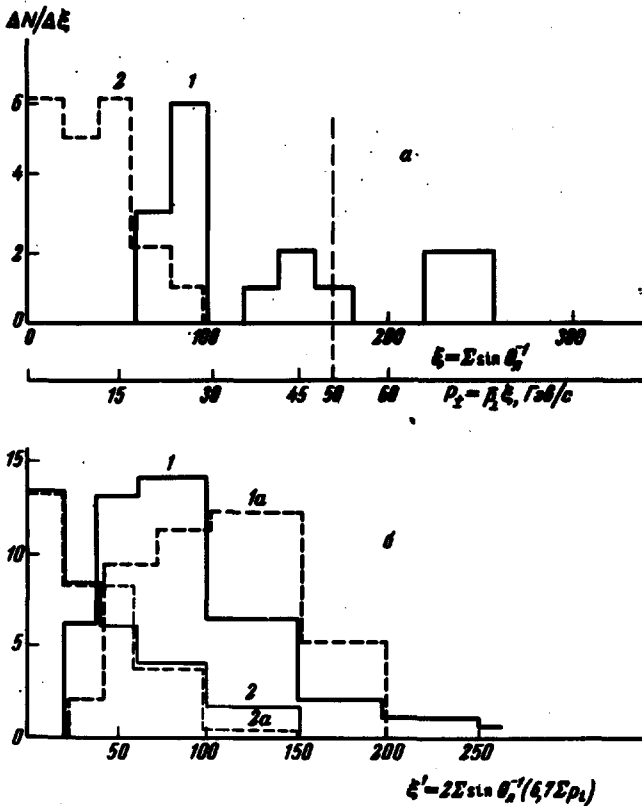


Рис.3. Распределения по суммарным энергиям заряженных частиц, (считая $p_L = 0,3 \text{ Гэв}/c$): а — πN , $50 \text{ Гэв}/c$, $n = 1-5$: при наличии (распределение 1) и отсутствии (распределение 2) частиц с $\theta_L < 1,8^\circ$; б — pN , $24 \text{ Гэв}/c$, $n = 1-5$ — при наличии (распределение 1) и отсутствии (распределение 2) быстрого ($\theta_C < 90^\circ$) вторичного протона; — — — соответствующие распределения, полученные прямым измерением импульсов частиц

Как видно из рис. 3, б, совершенно аналогичная картина получается и для квазинуклонных pN -взаимодействий с импульсом $24 \text{ Гэв}/c$ при том однако условии, что в число нейтральных частиц включаются и быстрые нейтроны; для случаев же, когда ведущей частицей остается протон, события с $K_0 > 0,65$ очень редки. Точно так же и для πN -взаимодействий с $n = 6 - 13$ значения $K_0 > 0,65$ встречаются достаточно редко, примерно в 15% случаев (рис. 3, б).

Проведенный выше анализ угловых распределений позволяет сформулировать основные выводы о свойствах неупругих взаимодействий π^- -мезонов с импульсом $50 \text{ Гэв}/c$ с квазисвободными нуклонами ядер фотоэмульсии:

1) в системе центра инерции мезон-нуклон примерно в 50% случаев имеет место эффект значительной асимметрии вперед в угловом распределении рожденных заряженных частиц;

2) в заметной доле всех случаев (около 25%) взаимодействия характеризуются передачей значительной (в среднем около 80%) доли энергии нейтральным мезонам (среди которых в этих случаях имеется одна или более энергетически выделенных частиц);

3) при множественности $n \leq 5$ среди заряженных вторичных частиц с вероятностью около 50% появляется одна выделенная по углу вылета частица ($\cos\theta_c > 0,95$, уносящая свыше 20% (в среднем около 50%) начальной энергии);

4) с увеличением множественности до 6 и более заряженных частиц все перечисленные особенности процесса постепенно утрачиваются.

Сравнение с ускорительными данными для π^-p -взаимодействий при энергиях 8 и $16 \text{ Гэв}/c$ [3] и с данными по космическим лучам (для взаимодействий пионов с легкими ядрами) при средней энергии 200 Гэв [4] свидетельствует о том, что указанные эффекты нарастают с ростом энергии первичного пиона.

Однако, для получения более определенного ответа на вопрос о "ведущей" частице, об энергетических характеристиках остальных вторичных частиц, и для сопоставления с теоретическими моделями взаимодействия необходимо знание знаков заряда, а также точных значений импульсов хотя бы заряженных мезонов. Такие данные могут быть получены с использованием фотоэмульсий, облученных в импульсных магнитных полях напряженностью $200 - 300 \text{ кэ}$.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам ИФВЭ Л.А.Кузину и В.Н.Болотову за помощь при облучении фотоэмульсий, сотрудникам проявочного центра ЛВЭ ОИЯИ за проявление слоев, лаборантам А.С.Колядиной, Е.А.Крупещковой, А.И.Сироткиной, М.В.Тюриной за большую работу по поискам и измерениям событий, а также Е.Л.Фейнбергу, Н.А.Добротину, В.С.Мурзину, А.А.Комару и В.Н.Акимову за обсуждение результатов.

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

Поступило в редакцию
14 февраля 1969 г.

Литература

- [1] Д.А.Галстян, Г.Б.Жданов, М.И.Третьякова, М.Н.Щербакова, М.М.Чернявский. ЖЭТФ. 51, 417, 1966.
 - [2] J. Elbert, A. Gruh et. al. Topical Conf. of H. E. Collisions. Geneva, 244, 1968.
 - [3] Chan Hong-Mo. J. Łoskiewicz. W. W. M. Allison. Nuovo Cim., 57A, 93, 1968.
 - [4] В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Изв. АН СССР, сер. физ., 1969. (в печати).
-