

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ ПРИ 50 Гэв

*В.Ф.Воинов, А.Ш.Гайшинов, И.Я.Часников,*

*Д.Ж.Саломов, К.Д.Толстов, Р.А.Хошмухамедов,  
Г.С.Шабратова, А.Эль-Наги*

*З.И.Соловьева*

*М.И.Адамович, В.Ф.Ларионова, Г.И.Орлова,  
М.И.Третьякова, С.Н.Харламов, М.М.Чернявский*

*С.А.Азимов, Р.А.Бондаренко, К.Ф.Гуламов,  
В.И.Петров, Т.П.Трофимова, Л.П.Чернова,  
Г.М.Чернов*

Измерены импульсы вторичных заряженных частиц из взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с ядрами при 50 Гэв методом ядерных эмульсий в сильном магнитном поле. Показано, что средние поперечные импульсы и доли энергии, уносимые частицами разных знаков заряда, слабо зависят от размеров ядра-мишени. Данные не согласуются с представлением о полной пассивности первичного пиона после соударения при 50 Гэв.

Проявляемый в настоящее время большой интерес к адрон-ядерным соударениям обусловлен возможностью излучения с их помощью пространственно-временного развития процесса сильного взаимодействия адронов [1 — 6]. Поэтому можно надеяться, что детальное изучение процесса множественного рождения частиц, позволит сделать выбор между различными моделями элементарного акта адрон-адронного взаимодействия.

Эмульсионные камеры из пятидесяти слоев эмульсии типа БР<sup>2</sup>-2 толщиной 600 мкм и диаметром 60 мм, помещенные в сильное магнитное поле, облучались пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом  $p_0 = 50$  Гэв/с ( $\Delta p/p_0 \approx 1\%$ ) на ускорителе ИФВЭ (Серпухов). Импульсное магнитное поле с напряженностью 180 кэ создавалось с помощью установки "Мамонт", созданной в ЦЕРН'е и переданной в ОИЯИ. Детали эксперимента будут опубликованы в другой работе.

Просмотр эмульсий проводился по следу первичных  $\pi^-$ -мезонов. Было обнаружено 340 событий неупругого сильного взаимодействия пионов с ядрами. В это число не входят события когерентных пион-ядерных взаимодействий. В обнаруженных событиях были измерены импульсы и определены знаки зарядов почти у 2000 частиц. Средняя погрешность измерения импульсов составляет  $\Delta p/p = 0,15$ . На измеренные под большими углами импульсы частиц вводилась геометрическая поправка.

Для исследования зависимости характеристик от размеров ядра-мишени мы будем рассматривать ниже три группы событий, характеризуемых числом  $N_h$  сильноионизирующих частиц: события с  $N_h = 0,1$  (сильно ионизирующая частица вылетает вперед в СЦМ), события с  $N_h$ , удовлетворяющим условию  $1 < N_h \leq 6$  (сюда входят также события с одной сильноионизирующей частицей, вылетающей назад в СЦМ), и события с  $N_h \geq 7$ . Эти три группы событий в первом приближении, соответственно, характеризуют столкновения пионов со свободными и квазисвободными периферическими нуклонами ( $\pi^-N$ -столкновения),  $\pi^-A$ -столкновения с ядрами группы  $CNO$  и периферические столкновения с ядрами  $AgBr$ , и  $\pi^-A$ -столкновения только с ядрами  $AgBr$ . Таким образом, группы с разными величинами  $N_h$  будут характеризовать толщину ядерного вещества, проходимого пионом в ядре.

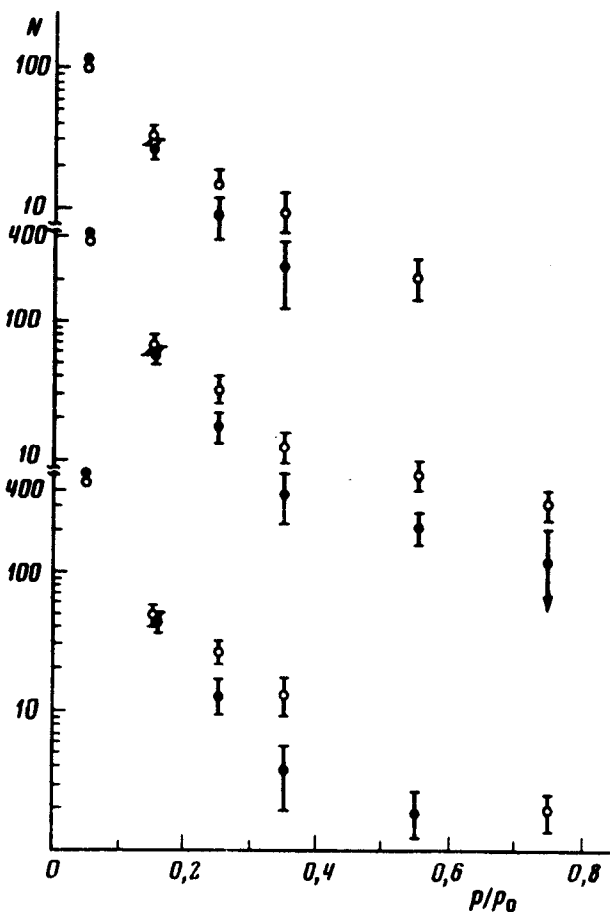


Рис. 1. Импульсные распределения в л.с.к.  $\pi^-$ - (светлые кружки) и  $\pi^+$ - (темные кружки) мезонов в  $\pi^-N$ - (а) и  $\pi^-A$ -взаимодействиях с  $N_h \leq 6$  (б) и  $N_h \geq 7$  (в) при  $p_0 = 50 \text{ Гэв/с}$

Экспериментальные распределения по импульсам, поперечным импульсам и продольной скорости представлены на рис. 1 – 3. Средние значения этих величин, а также величины  $\cos \theta^*$  ( $\theta^*$  – угол вылета частицы в СЦМ системы пион-нуклон), переменной Фейнмана  $x = p_{||}^* / p_0^*$  в той же системе и средние значения доли энергии в лабораторной системе  $K_{\pm}$  и  $K_0$ , уносимых соответственно заряженными частицами и нейтральными быстрыми частицами, представлены в табл. 1, 2.

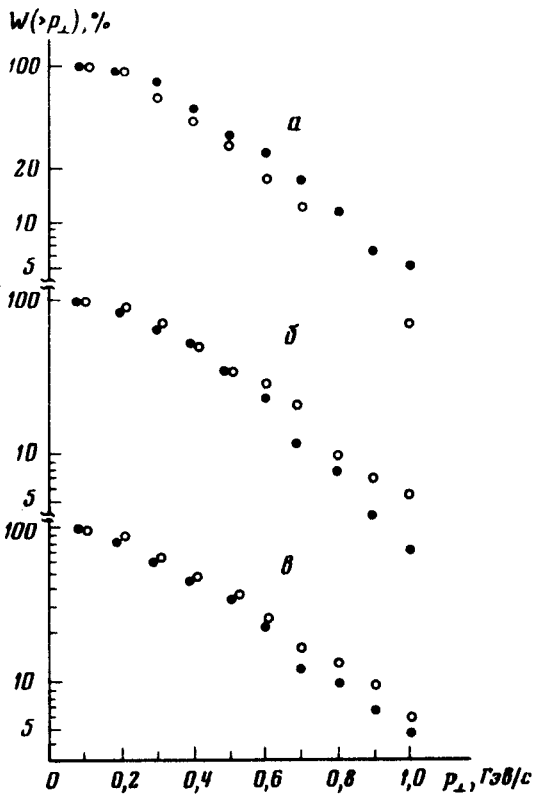


Рис. 2. Интегральные  $p_{\perp}$ -распределения  $\pi^{-}$ - (темные кружки) и  $\pi^{+}$ - (светлые кружки) мезонов в  $\pi^{-}N$ - (a) и  $\pi^{-}A$ -взаимодействиях с  $N_h \leq 6$  (б) и  $N_h \geq 7$  (в) при  $p_0 = 50$  ГэВ/с

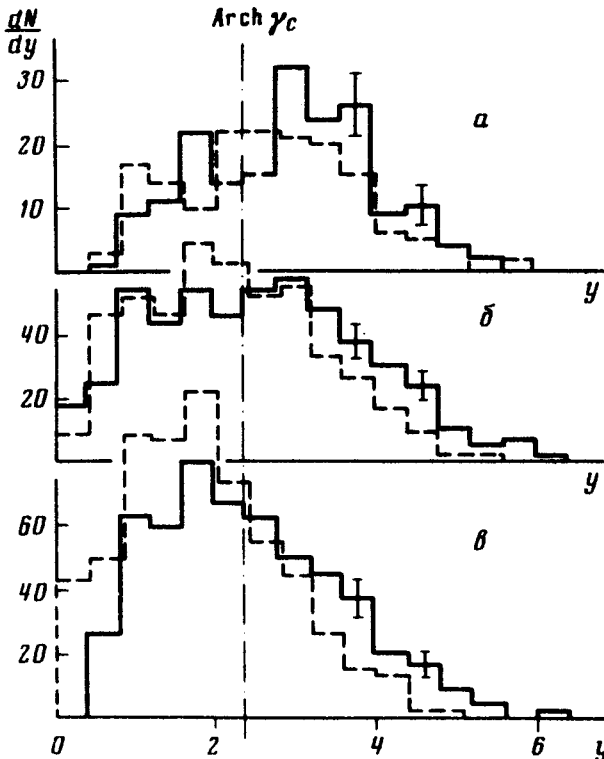


Рис. 3. Распределения по продольной быстрой  $y$  для  $\pi^{-}$ - (сплошная линия) и  $\pi^{+}$ - (пунктир) мезонов из  $\pi^{-}N$ - (a) и  $\pi^{-}A$ -взаимодействий с  $N_h \leq 6$  (б) и  $N_h \geq 7$  (в)

Среднее число частиц большой энергии на одно событие

Импульс	$\pi^-$			$\pi^+$		
	$\pi^- N$	$\pi^- A, N_h \leq 6$	$\pi^- A, N_h \geq 7$	$\pi^- N$	$\pi^- A, N_h \leq 6$	$\pi^- A, N_h \geq 7$
$> 0,1p_0$	$1,08 \pm 0,13$	$0,99 \pm 0,08$	$0,79 \pm 0,08$	$0,64 \pm 0,10$	$0,58 \pm 0,06$	$0,55 \pm 0,06$
$> 0,2p_0$	$0,58 \pm 0,09$	$0,55 \pm 0,06$	$0,40 \pm 0,06$	$0,21 \pm 0,06$	$0,23 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,04$
$> 0,3p_0$	$0,35 \pm 0,07$	$0,34 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,04$	$0,08 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,03$
$> 0,4p_0$	$0,20 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,04$	$0,09 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,02$	$0,08 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,02$
$> 0,5p_0$	$0,12 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,04$	$0,08 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$

Таблица 2

Средние значения импульсных и угловых характеристик

Характеристика	$\pi^- N$	$\pi^- A$	
		$N_h \leq 6$	$N_h \geq 7$
$\langle p_{\perp} \rangle_{\pi^-}$	$0,38 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,02$
$\langle p_{\perp} \rangle_{\pi^+}$	$0,32 \pm 0,03$	$0,38 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,02$
$\langle y \rangle_{\pi^-}$	$2,94 \pm 0,08$	$2,56 \pm 0,07$	$2,12 \pm 0,06$
$\langle y \rangle_{\pi^+}$	$2,65 \pm 0,09$	$2,18 \pm 0,06$	$1,87 \pm 0,06$
$\langle x \rangle_{\pi^-}$	$0,094 \pm 0,014$	$0,053 \pm 0,013$	$-0,025 \pm 0,011$
$\langle x \rangle_{\pi^+}$	$0,028 \pm 0,013$	$-0,037 \pm 0,011$	$-0,067 \pm 0,009$
$\langle \cos \theta^* \rangle_{\pi^-}$	$0,33 \pm 0,05$	$0,08 \pm 0,04$	$-0,16 \pm 0,04$
$\langle \cos \theta^* \rangle_{\pi^+}$	$0,18 \pm 0,05$	$-0,12 \pm 0,04$	$-0,30 \pm 0,04$
$\langle K_{\pm} \rangle$	$0,60 \pm 0,04$	$0,61 \pm 0,02$	$0,56 \pm 0,02$
$\langle K_0 \rangle$	$0,38 \pm 0,04$	$0,38 \pm 0,02$	$0,38 \pm 0,02$

Анализ данных позволяет заключить, что: а) импульсные и быстрое спектры при переходе к соударениям с тяжелыми ядрами при больших возбуждениях ( $N_h \geq 7$ ) смягчаются: резко возрастает число медленных частиц (рис. 1, 3). Угловое распределение в СЦМ при переходе от  $\pi^- N$ -соударений к  $\pi^- A$ -соударениям изменяется от асимметричного вперед (известный факт для  $\pi N$ -соударений) до резко асимметричного назад (табл. 2) для группы тяжелых ядер с  $N_h \geq 7$ . Эти утверждения относятся как к  $\pi^-$  так и к  $\pi^+$ -мезонам (все заряженные частицы мы отождествляем с пионами). б) Рост числа частиц с малыми  $p$  и  $y$  (рис. 1, 3)

происходит значительно быстрее, чем уменьшение числа частиц с большими  $p$  и  $y$ , таким образом, форма, например  $y$ -распределения изменяется при переходе к большим  $N_h$ . Это обстоятельство естественно вытекает из представлений о внутриядерном каскаде [7]. Сопоставление с кластерными моделями [4 - 6] требует разделения  $h$ -частиц на более энергичные  $g$ -частицы (протоны с энергией  $\geq 30$  Мэв), отражающие процессы столкновений с нуклонами, и на более медленные  $b$ -частицы, связанные с процессом распада ядер. в) Форма распределения по поперечным импульсам  $p_{\perp}$  и средние значения  $\langle p_{\perp} \rangle$  не зависят в пределах ошибок ни от размеров ядра-мишени, ни от знака пионов. Зависимость  $\langle p_{\perp} \rangle$  от  $N_h$  и абсолютные значения  $\langle p_{\perp} \rangle$  противоречат расчетам [7] по каскадно-испарительной модели. Формы  $p_{\perp}$ -распределений плохо согласуются как с линейно-экспоненциальной так и бoльцмановской аппроксимациями. Формы  $p_{\perp}$ -распределений  $\pi^-$  и  $\pi^+$ -мезонов не отличаются друг от друга. г) Энергораспределение между вторичными частицами разных знаков заряда почти не зависит от размеров ядра, а сравнение с данными по пион-ядерным соударениям при более низких энергиях [8, 9] показывает, что имеется также независимость от энергии соударения. Наблюдающуюся слабую зависимость коэффициентов  $K_{\pm}$ ,  $K_0$  от размеров ядра-мишени принято считать аргументом в пользу кластерных моделей множественного рождения [4 - 6]. Однако, следует заметить, что расчеты по каскадно-испарительной модели также дают довольно слабую зависимость энергораспределения от  $N_h$  [7]. Тем не менее количественное сравнение приводит к расхождению с расчетами по этой модели с учетом многочастичных взаимодействий. Действительно, расчеты [7] для взаимодействий  $\pi$ -мезонов с ядрами при 50 Гэв/с дают среднюю кинетическую энергию  $\langle T_s \rangle = 2,8 \pm 0,2$  Гэв и  $\langle n_s \rangle = 7,2 \pm 0,4$ . Добавляя среднюю энергию лидирующей частицы, получаем  $\langle K_{\pm} \rangle = 0,8$ , что в 1,3 раза больше, чем на опыте (табл. 2). д) Во всех группах соударений число  $\pi^-$ -мезонов с большими импульсами больше числа  $\pi^+$ -мезонов (эффект лидирующей частицы) рис. 1, 3; табл. 1). Сохранение эффекта лидирующих частиц при изменении  $N_h$  исключает по нашему мнению чисто статистический подход к динамике адрон-ядерных взаимодействий. Сохранение лидирующих частиц, однако, сопровождается сдвигом их в область меньших импульсов  $p$  и  $y$  (больших  $\theta^*$ ) при переходе к большим толщинам ядерного вещества. Вследствие этого доли энергии, уносимые частицами имеют  $A$ -зависимость, что противоречит представлению о полной пассивности первичной частицы после первого взаимодействия внутри ядра при энергии 50 Гэв (физические основания для гипотез полной или частичной пассивности см. в [1,6]).

Авторы глубоко благодарны сотрудникам и руководству ЦЕРН'а за предоставление установки "Мамонт", дирекциям ИФВЭ и ОИЯИ - за содействие в проведении эксперимента и сотрудникам лабораторий - за помощь в просмотре и измерениях.

Сотрудничество

Алма-Ата - Дубна - Ленинград - Москва - Ташкент

Поступила в редакцию  
30 мая 1975 г.

## Литература

- [1] Е.А.Фейнберг. Сб. "Проблемы теор. физики", М., изд. Наука, 1972.
  - [2] A.Dar, J.Vary. Phys. Rev., **6**; 2412, 1972.
  - [3] О.В.Канцели. Письма в ЖЭТФ, **18**, 465, 1973.
  - [4] P.M.Fishbane, J.S.Trefil. Phys. Rev., **D8**, 1467, 1973; Phys. Lett., **B51**, 139, 1974.
  - [5] K.Gottfried. CERN-TH-1735, 1973; Phys. Rev. Lett., **32**, 957, 1974.
  - [6] Б.Н.Калинкин, В.Л.Шмонин. Сообщ. ОИЯИ, P2-7869, P2-7870. Дубна, 1974.
  - [7] В.С.Барашенков, В.Д.Тонеев. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. М., Атомиздат, 1972.
  - [8] L.Hoffmann et al. Nucl. Phys., **66**; 657, 1965.
  - [9] Н.В.Масленникова и др. Краткие сообщения по физике (ФИАН СССР) №2, 16, 1974; №7, 22, 1974.
-