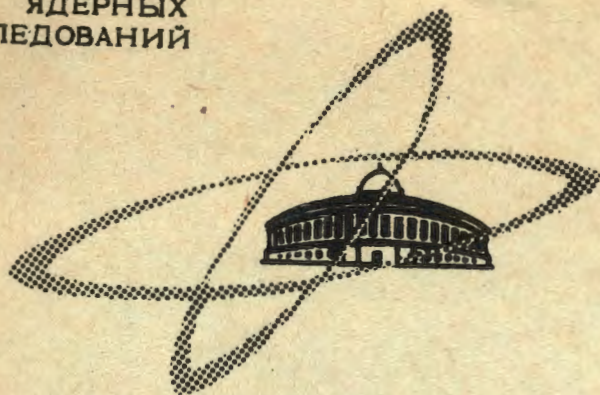


A-866

30/V-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P4 - 3800

И.З.Артыков, В.С.Барашенков

МЕЗОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРИ ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1968

P4 - 3800

И.З.Артыков, В.С.Барашенков

МЕЗОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРИ ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

Направлено в Nuclear Physics

4289/3 нр.



Анализ известных экспериментальных данных по взаимодействиям нуклонов с атомными ядрами в области энергий, больших нескольких десятков Гэв, показал, что внутри ядра с большой вероятностью происходят "многочисленные взаимодействия", в которых с одним внутриядерным нуклоном одновременно взаимодействуют несколько быстрых частиц /1-4/.

Полученные недавно краковской группой экспериментальные данные о взаимодействиях  $\pi$  - мезонов с фотоэмульсией при средней энергии около 200 Гэв (см. рис.1) /5,6/ позволяют выполнить дополнительную проверку этого заключения. Так как данные краковской группы являются в настоящее время наиболее обстоятельным исследованием ядерных взаимодействий в области космических энергий, их анализ представляется весьма интересным х).

При расчете пион-ядерных столкновений мы использовали в точности те же самые приближения и те же предположения о свойствах многочастичных взаимодействий внутри ядра, что и в случае нуклон-ядерных столкновений /2,4/. Никаких изменений в программе расчетов не делалось.

Для полного сечения неупругих взаимодействий  $\pi$  - мезонов со средним ядром фотоэмульсии получена величина  $\sigma_{in} = 835+42$  мб, средние сечения неупругих взаимодействий отдельно с группой легких и с группой тяжелых ядер фотоэмульсии оказались равными соответственно  $195+8$  мб и  $960+55$  мб. Эти значения близки к экспериментальным (см.рис.2).

В таблице 1 приведены наиболее важные средние характеристики неупругих пион-ядерных взаимодействий. Колонки  $LE_{\pi}$  и  $NE_{\pi}$  относятся х)

В области ускорительных энергий нуклон-ядерные взаимодействия хорошо согласуются с обычной каскадной моделью /7/.

соответственно к группам легких и тяжелых ядер фотоэмульсии, колонка Еш - ко всей фотоэмульсии. Индексами  $a$ ,  $g$  и  $b$ , как обычно, отмечены величины, относящиеся к ливневым, каскадным и испарительным частицам. В скобках указаны экспериментальные значения из работы /6/. На рис.3 сравниваются теоретические и экспериментальные угловые распределения ливневых частиц.

Из приведенных данных видно, что расчет и опыт хорошо согласуются друг с другом. Если не учитывать многочастичных взаимодействий внутри ядра, то различие между расчетной и экспериментальной множественностью ливневых частиц оказывается не столь разительным, как в случае нуклон-ядерных взаимодействий  $x$ ), т.к. в случае пион-ядерного взаимодействия внутри ядра происходит, грубо говоря, вдвое меньше столкновений, чем в случае взаимодействия нуклон+ядро. В то же время учет многочастичных взаимодействий оказывается весьма существенным для объяснения угловых распределений ливневых частиц.

Из таблицы II видно, что доля многочастичных взаимодействий внутри ядра составляет значительную величину.

Как и в случае нуклон-ядерных столкновений, многочастичные взаимодействия составляют большой процент в легких ядрах. Обращает на себя внимание значительный вклад столкновений, когда с нуклоном взаимодействует сразу пять и большее число частиц.

Все приведенные выше теоретические величины относятся к энергии первичных пионов  $T = 200$  Гэв, являющейся средней для экспериментального распределения (рис.1). Если энергию первичных пионов разыгрывать непосредственно по этому распределению, то результаты расчетов изменяются очень мало: величины  $n_{\pm}$  и  $n_{\pm}^{\pm}$  возрастают на 10%, угол  $\theta_{1/2}$ , наоборот, уменьшается на 10% (см.рис.3), остальные величины таблицы I в пределах ошибок остаются практически неизменными. Более заметные изменения претерпевает таблица II, в случае Еш доля многочастичных взаимодействий  $W_{int} (n > 2)$  увеличивается с 30 до 38%, соответственно  $W_{prt} (n > 2)$  возрастает с 47 до 56%. Приблизительно в таком же соотношении увеличивается вклад многочастичных взаимодействий в группе легких и тяжелых ядер.

x) Это обстоятельство уже подчеркивалось в работе /5/.

Мы пользуемся случаем поблагодарить профессоров М.Миезовича и Я.Геруля, а также сотрудников фотоэмульсионной группы в Кракове К.Рябитски и Я.Бабетски за обсуждения, мы особенно благодарны проф. Я.Геруля за предоставление нам экспериментального материала до его опубликования.

### Л и т е р а т у р а

1. I.Z.Artykov, V.S.Barashenkov, S.M.Eliseev, *Nucl.Phys.*, 87, "241 (1966).
2. I.Z.Artykov, V.S.Barashenkov, S.M.Eliseev, *Nucl.Phys.* (в печати), препринт ОИЯИ P2-3604 (1967).
3. И.З.Артыков, В.С.Барашенков, С.М.Елисеев. *Известия АН СССР* 31, 1448 (1967).
4. И.З.Артыков, В.С.Барашенков, С.М.Елисеев. *Материалы Всесоюзного совещания по физике космических лучей в Новосибирске, 1967. Препринт ОИЯИ P2-3508 (1967).*
5. Z.Czachowska, J.Gierula, S.Krzywdzinski, M.Miesowicz, K.Rybicki, W.Wolter. *Institut Badan Jaderwoch Report "P" No. 826, Warszawa, 1967.*
6. J.Cierula, S.Krzywdzinski, *Nuovo Cim.* (в печати).
7. I.Z.Artykov, V.S.Barashenkov, S.M.Eliseev, *Nucl. Phys.* 87,83(1966).
8. В.С.Барашенков. *Сечения взаимодействия элементарных частиц*, Москва, изд-во "Наука", 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 апреля 1968 года.

Таблица I

Взаимодействие  $\pi$  - мезонов с ядрами фотоэмульсии при энергии 200 Гэв.

$n$  - множественность вторичных частиц;  $n^{\pm}$  - множественность заряженных вторичных частиц;  $r$  - их кинетическая энергия;  $r_e$  - кинетическая энергия лидирующей частицы (пиона), уносящей основную часть энергии ( $\approx 70\%$ );  $P_{\perp}$  - поперечный импульс вторичных частиц;  $\theta_{1/2}$  - угол, в который вылетает половина этих частиц.

	LE <sub>m</sub>	E <sub>m</sub>	HE <sub>m</sub>
$n_a$	15,0+0,6	17,5+1,1	24,0+1,4
$n^{\pm}_a$	9,7+0,4	11,2+0,6	15,4+0,7
$n^+_a$	(8,0+ 0,9)	(10,7+0,9)	(14,7+2,0)
$n^+_q$	1,7+0,1	3,9+0,3	4,7+0,3
$n_b$		12,1+0,6	17,0+0,9
$n^{\pm}_b$		9,4+0,5	13,1+0,7
$r_{\perp}$ , Гэв	120 + 5	104 + 6	94 + 6
$r_a$ , Гэв	5,6+ 0,3	5,4+0,4	4,4+0,3
$r_q$ , Мэв	150 + 6	150 + 7	150 + 7
$r_b$ , Мэв		13,5+0,6	14 +0,6
$P_{\perp a}$ , Мэв/с	420 + 20	470+ 30	520+ 30
$P_{\perp q}$ , Мэв/с	350 + 20	360 + 30	350 + 20
$\theta_{1/2 a}$ , град.	6;5 + 0,3 (6,2+0,4)	9,0+ 0,5 (8,3+0,6)	12,0+ 0,6 (11,0+ 1,1)
$\theta_{1/2 q}$ , град.	61 + 3	64 + 4	70 + 4

Таблица II.

Вклад многочастичных взаимодействий в пион-ядерном взаимодействии при энергии 200 Гэв (%%)  $W_{int}(a)$  - относительное число  $a$  - частичных взаимодействий, когда с внутриядерным нуклоном взаимодействует  $(a-1)$  частица (по отношению к полному числу упругих и неупругих столкновений  $\pi$ - и  $p$  - частиц внутри ядра);  $W_{prt}(a)$  - относительная доля частиц, участвующих в  $a$  - частичных взаимодействиях (в начальных состояниях).

a	LE <sub>m</sub>		Em		HE <sub>m</sub>	
	$W_{int}(a)$	$W_{prt}(a)$	$W_{int}(a)$	$W_{prt}(a)$	$W_{int}(a)$	$W_{prt}(a)$
2	6I	42	70	5I	74	56
3	I8	I9	I5	I7	I4	I6
4	I0	I4	7	II	6	9
5	6	9	4	8	3	7
≥6	5	I6	4	I3	3	I2

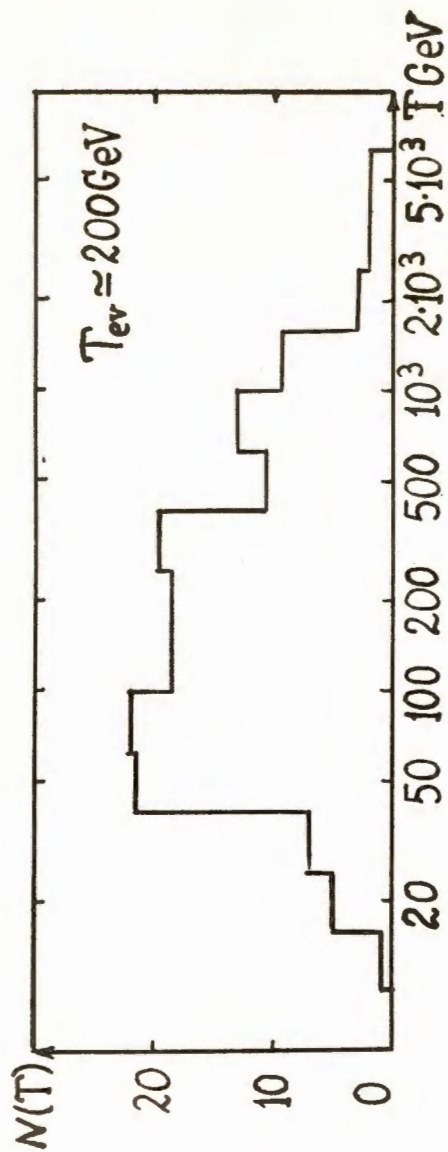


Рис.1. Распределение пион-ядерных взаимодействий, наблюдавшихся в ра-  
боте /6/, по величине кинетической энергии первичных  $\pi$  - мезо-  
нов.

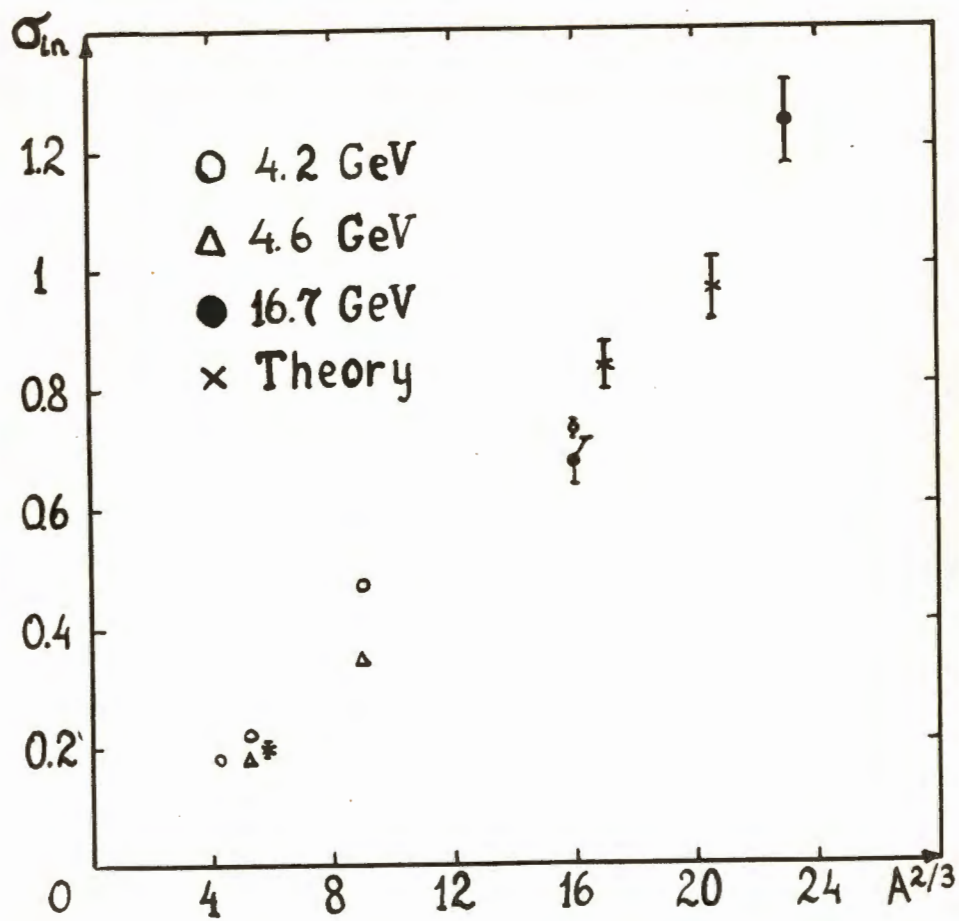


Рис.2. Сечение пион-ядерных взаимодействий.  $A$  - атомный номер ядра-  
мишени. Подробная библиография экспериментальных данных при-  
ведена в монографии /8/.



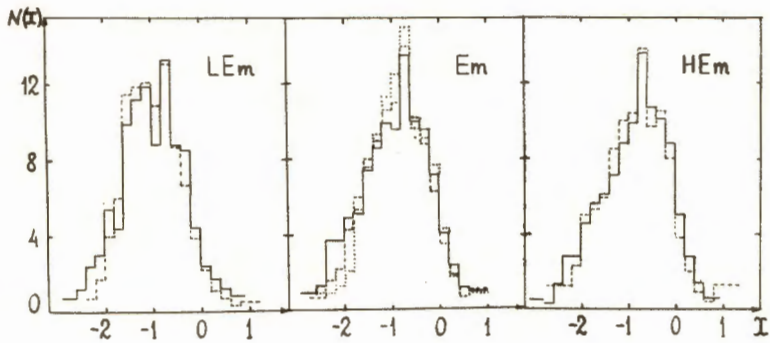


Рис.3. Распределение заряженных ливневых частиц по величине  $x = \log \tan \theta$ . Сплошная гистограмма - эксперимент <sup>18/</sup>, пунктир-расчет для энергии первичных  $\pi$ - мезонов  $T=200$  Гэв, точечная гистограмма - расчет с розыгрышем энергии первичных  $\pi$ - мезонов по распределению рис.1.