

С 323.5

A-866

22/1-66

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2472



И.З. Артыков, В.С. Барашенков, С.М. Елисеев

ВНУТРИЯДЕРНЫЕ КАСКАДЫ ПРИ  
СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1965

P-2472

И.З. Артыков, В.С. Барашенков, С.М. Елисеев

ВНУТРИЯДЕРНЫЕ КАСКАДЫ ПРИ  
СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

Направлено в ЯФ

3888/1. 48.

1988

Во всей области ускорительных энергий, вплоть до  $T \approx 30$  Гэв, известные экспериментальные данные по неупругим взаимодействиям частиц с атомными ядрами хорошо согласуются с моделью внутриядерного каскада, рассматриваемого как серия независимых двухчастичных взаимодействий<sup>/1/</sup>. При больших энергиях расчеты становятся чрезвычайно трудоемкими, поэтому различными авторами до сих пор рассматривались лишь отдельные частные стороны развития таких каскадов.

В настоящей работе приведены результаты, полученные при расчете полного внутриядерного каскада. При вычислениях было учтено, что среди частиц, образующихся в неупругих  $N-N$  и  $\pi-N$  столкновениях имеется лидирующая частица, уносящая около 70% энергии налетающей частицы. Расчеты выполнены методом Монте-Карло на электронных машинах ОИЯИ.

Как видно из таблицы, имеет место разное различие между экспериментом и теорией. Особенно сильное различие наблюдается для средней множественности рождающихся частиц; для других величин это различие является не столь существенным, и его, вообще говоря, можно устранить соответствующим варьированием использованных при расчетах экспериментальных данных по высокоэнергетическим  $N-N$  и  $\pi-N$  взаимодействиям (в пределах ошибок их измерений). Однако экспериментальные и теоретические значения множественности не удается устранить никаким разумным варьированием этих данных.

Превышение расчетной множественности над экспериментальной обусловлено в основном вкладом медленно теряющей свою энергию стержневой, лидирующей частицы. Если этот вклад не учитывать, как это было сделано в работах<sup>/2/x/</sup>, то результаты расчета оказываются довольно близкими к данным опыта; однако и в этом случае ве-

---

<sup>x/</sup> В работах<sup>/2/</sup> энергия частиц, рождающихся в  $N-N$  и  $\pi-N$  столкновениях, определялась разыгрыванием экспериментальных спектров. Так как лидирующие частицы при  $T \gg 10$  Гэв дают незначительные вклады лишь в далекие "хвосты" этих спектров, то вероятность того, что какая-либо вторичная частица получит энергию, значительно превышающую энергию остальных частиц, очень мала. Поэтому вклад лидирующей частицы автоматически исключается.

личина  $\nu$ , возрастает все же заметно быстрее при увеличении  $T$ , чем это следует из эксперимента.

Таким образом, в настоящее время нет теории удовлетворительно описывающей экспериментальные данные по нуклон-ядерным взаимодействиям при сверхвысоких энергиях  $T \gg 10$  Гэв. Общепринятая модель внутриядерных каскадов при этих энергиях оказывается несостоятельной.

Мы благодарны Д.И. Блохинцеву и С.А. Славатинскому за обсуждения.

#### Л и т е р а т у р а

1. И.З. Артыков, В.С. Барашенков, С.М. Елисеев. Ядерная физика. (В печати); Препринт ОИЯИ, Р-2279, Дубна, 1985.
2. В.С. Барашенков, С.М. Елисеев. Препринт ОИЯИ, Р-1878 и Р-1786, 1984; Известия АН СССР, 29, 1831 (1985).
3. S.Lai, Y.Pai, R.Raghavan. Nucl.Phys., 31, 415 (1962).
4. В.Б. Фреттер, Л.Ф. Хансен. Труды международной конференции по космическим лучам, Москва, 1, 134 (1959).
5. L.F.Hansen, W.B.Fretter. Phys.Rev., 118, 812 (1960).
6. E.Lohrman, M.W.Teucher, M.Schein. Phys.Rev., 122, 672 (1961).
7. И.И. Гуревич, А.П. Мишакова, Б.А. Никольский, Л.В. Суркова. ЖЭТФ, 34, 285 (1958).
8. Ж.С. Такибаев, А.А. Локтионов, Л.А. Санько, Ц.И. Шахова. Труды международной конференции по космическим лучам, Москва, 1, 51 (1959).
9. А.Х. Виницкий, И.Г. Голяк, Ж.С. Такибаев, И.Я. Часников. Труды международной конференции по космическим лучам, Москва, 1, 61 (1959).
10. Т.П. Лазарева, П.А. Усик. Труды международной конференции по космическим лучам, Москва, 1, 71 (1959).
11. V.Edwards, J.Losty, D.H.Perkins, K.Pinkau, J.Reynolds. Phil. Mag. 3, 237 (1958).

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 ноября 1985 г.

Т а б л и ц а

Величина	T, Гэв	Ядро	Теория	Опыты
$n_{\pm}$	100	$C^{12}$	$10,5 \pm 0,6$	$5,6 \pm 0,2^{3/}$ $4,5 \pm 1,0^{4/}$ $4,0 \pm 1,0^{5/}$
	100	$\Phi$	$15,4 \pm 0,8$	-
	250	$\Phi$	$31,8 \pm 1,6$	$12,9 \pm 1,8^{6/}$
	500	$\Phi$	$46,6 \pm 2,8$	$18,8 \pm 4,2^{7-9/}$
	1000	$\Phi$	$61,3 \pm 6,1$	-
	3500	$\Phi$	-	$22,5 \pm 3^{6/}$
$n_{\pm}$	75	$\Phi$	$5,5 \pm 0,2$	$5, \pm 1,6^{7/}$
	500	$\Phi$	$16,8 \pm 1,0$	$4 \pm 0,8^{7,10/}$
	1000	$\Phi$	$21,3 \pm 2,1$	-
	3000	$\Phi$	-	$4 \pm 1,6^{7/}$
$\Gamma_{\pm}$ Гэв	100	$C^{12}$	$2,1 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,3^{3/}$
	100	$\Phi$	$1,5 \pm 0,07$	$2,4 \pm 0,9^{9/}$
$P_{\perp}$ Гэв/с	250	$\Phi$	$0,48 \pm 0,05$	$0,4 \pm 0,1^{6/}$
	1000	$\Phi$	$0,49 \pm 0,05$	-
	$10^3 - 10^5$	$\Phi$	-	$0,63 \pm 0,13^{11/}$
$\theta_{\%}$ градусы	10-100	$C^{12}$	-	$12,3 \pm 1^{5/}$
	100	$C^{12}$	$9,3 \pm 0,5$	-
	500	$\Phi$	$5,1 \pm 0,3$	-
	100-1000	$\Phi$	-	$7 \pm 0,4^{8/}$
	1000	$\Phi$	$4,0 \pm 0,3$	-

## Обозначения:

- $n_{\pm}$  и  $n_{\pm}$  - средние числа рождающихся заряженных ливневых и каскадных частиц;  
 $\Gamma_{\pm}$  - средняя кинетическая энергия ливневых частиц (без лидирующей);  
 $P_{\perp}$  - средний поперечный импульс ливневых частиц;  
 $\theta_{\%}$  - угол, в который влетает половина всех ливневых частиц;  
T - кинетическая энергия налетающей космической частицы;  
 $\Phi$  - взаимодействие с фотоэмульсией.

Все приведенные величины относятся к лабораторной системе координат.