

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПИОНОВ С ЯДРАМИ ГРАФИТА

И.Н.Ерофеева, Л.Г.Мищенко, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева

В течение ряда лет проводились исследования ядерно-активных частиц на горах [1-3] с помощью аппаратуры, описанной в работах [1,2].

1. Установка, состоящая из ионизационного калориметра, камеры Вильсона и годоскопических счетчиков позволяла измерять энергию ядерно-активных частиц ( $E_0$ ), взаимодействовавших в графитовом фильтре; энергию, переданную в этом взаимодействии в электронно-фотонную компоненту ( $E_\gamma$ ); множественность вторичных ( $n_s$ ) и вновь рожденных ( $n_c$ ) частиц и углы их вылета ( $\theta_i$ ), а так же наличие заряда у генерирующей частицы. По этим первичным характеристикам вычислялись новые параметры взаимодействия: лоренц-фактор ( $\gamma_c$ ) С-системы, в предположении, что ядерно-активная частица сталкивается с мишенью, имеющей нуклонную массу ( $\gamma_c = \sqrt{E_0/2mp}$ ); лоренц-фактор ( $\gamma_s$ ) - симметричной системы [4] ( $\lg \gamma_s = -\langle \lg \tg \theta_i \rangle$ ), среднюю энергию вторичных заряженных частиц  $\langle \epsilon \rangle = E_{\pi^\pm} / n_c$ , где  $E_{\pi^\pm} = 0,35 \sum_{i=1}^{n_c} \text{cosec} \theta_i$ , Гэв - энергия, переданная вторичным частицам; массу мишени  $m_t = m_p \langle \gamma_c / \gamma_s \rangle^2$ ; дисперсию  $\sigma = \sqrt{\langle x_i^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$ , характеризующую угловое распределение вторичных частиц в координатах  $x_i = \lg \tg \theta_i$ .

2. Было зарегистрировано 60 случаев взаимодействия с ядрами графита ядерно-активных частиц, имеющих среднюю энергию около 200 Гэв. В 41 случае удалось определить имеет ли заряд частица, вызвавшая ливень.

Для выделения пионов среди заряженных первичных частиц был применен разностный метод. Предполагалось, что на высоте гор, где ве-

лись измерения число протонов равно числу нейтронов, а так же, что протоны и нейтроны одинаково взаимодействуют с ядрами графита. Для 12 событий, образованных нейтральными частицами, были подобраны близкие по своим характеристикам ливни от заряженных первичных частиц. После такой операции вычитания можно считать, что оставшиеся ливни от заряженных частиц в 80 + 90% случаев являются ливнями от пионов.

### Средние характеристики ливней

Природа первичной	Число ливней	$n_c$	$\sigma$	$\gamma_s/\gamma_c$	$m_i^1)$	$\langle \epsilon \rangle / E_0$
Нейтральные	12	$11,6 \pm 2,1$	$0,40 \pm 0,02$	$1,17 \pm 0,20$	$\sim m_p$	$0,03 \pm 0,005$
Соответствующие им заряженные	12	$12,0 \pm 1,9$	$0,42 \pm 0,02$	$1,18 \pm 0,22$	$\sim m_p$	$0,04 \pm 0,007$
Пионные взаимодействия	17	$7,2 \pm 1,4$	$0,28 \pm 0,04$	$3,05 \pm 0,50$	$145 \pm 40$ $55 \text{ Мэв}$	$0,07 \pm 0,01$
Из них асимметрич. вперед	11 <sup>2)</sup>	$4,5 \pm 0,5$	$0,27 \pm 0,05$	$4,00 \pm 0,41$	$90 \pm 20$ $\text{Мэв}$	$0,10 \pm 0,01$

1) При вычислении  $m_i$  введена поправка, учитывающая спектр рождающихся пионов [5].

2) Низкие значения  $n_c$  и  $m_i$  для асимметричных вперед взаимодействий могут быть связаны с небольшой примесью (~3 случая) процессов дифракционной генерации.

3. В таблице приводятся основные характеристики для 41 взаимодействия, которые объединены в группы в соответствии с предполагаемой природой первичной частицы.

В последней строке, приводятся данные для 11 ливней (из 17 пионных взаимодействий), имеющих резко асимметричное по направлению вперед угловое распределение ( $\gamma_s/\gamma_c > 2$ ).

На рис. 1 приведено угловое распределение в шкале  $X = \lg \gamma_c \text{tg } \theta_i$ , для взаимодействий нуклонной природы (рис. 1, б) и для пионных взаимодействий (рис. 1, а). Двойной штриховкой показаны "сохраняющиеся" первичные частицы, вылетающие под углами  $\theta_i \leq 0,5^\circ$ . Среди пионных взаимодействий на рис. 1, а заштрихованы частицы, возникшие в 11 ливнях, имеющих резко асимметричное угловое распределение.

Для этих же групп на рис.2, (а и б) дается распределение по множественности  $n_s$ , а на рис. 3 – распределение по параметру  $\lg y_s / y_c$ .

Среднее значение этого параметра определяет массу мишени

$$m_t = m_p \langle y_c / y_s \rangle^2.$$

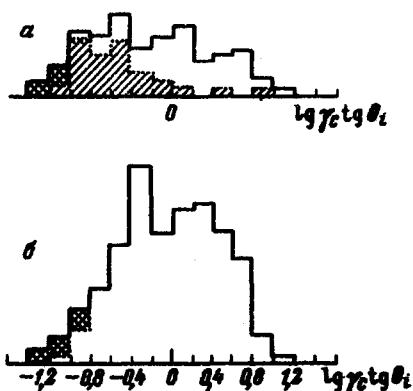


Рис.1. Угловое распределение ливневых частиц в координатах  $X = \lg y_c \lg \theta_i$ : а – для 17 "пионных" взаимодействий, заштриховано распределение для 11 ливней имеющих асимметричное в С-системе угловое распределение ( $y_s / y_c > 2$ ); б – для 24 "нуклонных" взаимодействий. Двойной штриховкой на обоих графиках отмечены "сохраняющиеся" первичные частицы, вылетающие под углом  $\theta_i \leq 0.5^\circ$

Из приведенных данных можно сделать вывод о том, что по своим характеристикам взаимодействия от пионов отличаются от ливней, создаваемых нуклонами.

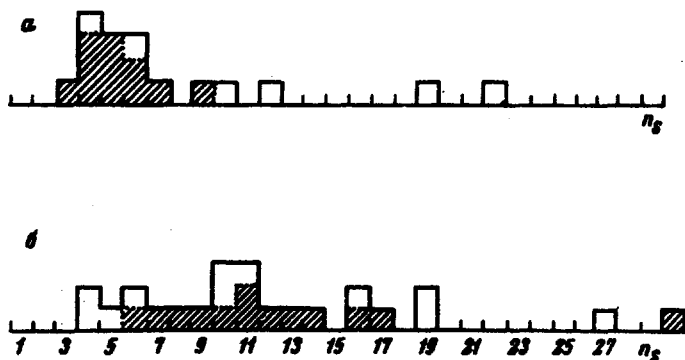


Рис.2. Распределение по множественностям вторичных частиц: а – для 17 "пионных" взаимодействий, заштриховано распределение для 11 асимметричных ливней; б – для 24 "нуклонных" взаимодействий, заштриховано распределение для 12 ливней от заряженных первичных частиц

4. Наиболее характерной особенностью пионных взаимодействий является возникновение значительного числа ливней асимметричных вперед в С-системе и симметризирующихся в системе с массой мишени  $m_t = m_\pi$  (последняя строка в таблице). При взаимодействии нуклонов такие ливни появляются как исключение.

Обнаружение асимметричных ливней от пионов дает возможность увязать вместе ряд других особенностей взаимодействия пионов, отмечавшихся нами ранее [5, 6].

Если нуклон-нуклонные и пион-нуклонные взаимодействия в симметричной системе одинаковы, то средние энергии частиц в  $L$ -системе будут, очевидно, отличаться в отношении  $\gamma_s / \gamma_c$ .

$$\langle \epsilon \rangle_{\pi} / \langle \epsilon \rangle_p = \langle \gamma_s / \gamma_c \rangle \sim 3,0 / 1,2 = 2,5,$$

где  $\langle \epsilon \rangle_{\pi}$  и  $\langle \epsilon \rangle_p$  — средние энергии пионов в  $L$ -системе во взаимодействиях пионов и нуклонов соответственно.

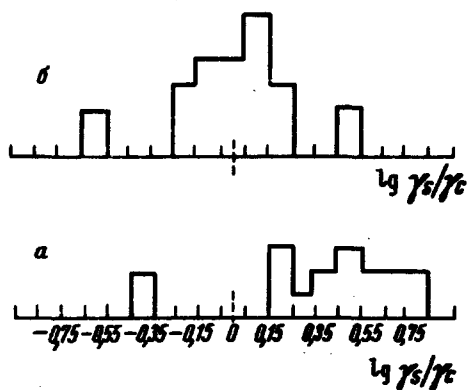


Рис.3. Распределение по параметру  $\lg \gamma_s / \gamma_c$ : а — для "пионных", б — для "нуклонных" взаимодействий

Отсюда следует, что средняя множественность вторичных частиц в пионных взаимодействиях должна быть меньше, чем в нуклонных. Если принять, что в общую систему передается одинаковая доля энергии  $\langle k \rangle = \langle k \rangle_{\pi} = \langle k \rangle_p$ , то

$$\frac{\langle n \rangle_{\pi}}{\langle n \rangle_p} = \frac{\langle k \rangle_{\pi} \langle \epsilon \rangle_p}{\langle \epsilon \rangle_{\pi} \langle k \rangle_p} \sim (2,5)^{-1}$$

(см. таблицу и распределение множественностей на рис. 2).

Интересно отметить, что в работе Г.Б.Жданова, М.И.Третьяковой, М.М.Чернявского [7], опубликованной в этом же номере журнала и выполненной на ускорителе в г.Серпухове при энергии 50 Гэв подтверждено существование ливней от пионов со свойствами, описанными в настоящей статье, (Наличие большого процента асимметричных вперед ливней, имеющих низкую множественность).

## Литература

- [1] И.Н.Ерофеева, Л.Г.Мищенко, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Proc. Int. Conf. on Cosmic Rays, London, 2, 831, 1965.
- [2] И.Н.Ерофеева, Л.Г.Мищенко, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Изв. АН СССР, сер. физ. 30, 1624, 1966.
- [3] И.Н.Ерофеева, Л.Г.Мищенко, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Изв. АН СССР, сер. физ. 31, 412, 1967.
- [4] G. Castagnoli et. al. Nuovo Cim., 10, 1539, 1953.
- [5] В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Космические лучи и их взаимодействия. М., Атомиздат 1968.
- [6] В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. Изв. АН СССР, сер. физ. 1969, (в печати)
- [7] Г.Б.Жданов, М.И.Третьякова, М.М.Чернявский. Письма в ЖЭТФ, этот выпуск.

Письма в ЖЭТФ, том 9, стр.394-400

5 апреля 1969 г.

### О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ $\pi^-$ -МЕЗОНОВ С ИМПУЛЬСОМ 50 Гэв/с

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

1. Фотоэмульсии типа БР-2 толщиной 600 мк (размером  $10 \times 10$  см<sup>2</sup>) были облучены на ускорителе ИФВЭ выведенным пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 50 Гэв/с ( $\pm 0,5$  Гэв/с). Плотность облучения  $8 \cdot 10^3$  см<sup>2</sup>, 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  $\pi^-$ -мезонов с ядрами фотоэмульсии

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

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