

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



7295

Экз. чит. зала
P2 - 7295

С.М.Елисеев, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева

УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ
ИЗ ИНКЛЮЗИВНЫХ АДРОН-ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
И СКЭЙЛИНГ В ОБЛАСТИ
ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

С.М.Елисеев, В.С.Мурзин,* Л.И.Сарычева *

**УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ
ИЗ ИНКЛЮЗИВНЫХ АДРОН-ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ
И СКЭЙЛИНГ В ОБЛАСТИ
ОЧЕНЬ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

Направлено на Всесоюзную конф.
по физике космических лучей. Харьков 1973 г.

* Научно-исследовательский институт ядерной физики
Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

1. В физике высоких энергий в настоящее время большое внимание уделяют изучению структурных функций инклюзивных реакций рождения частиц в адронных взаимодействиях

$$f(s, \vec{p}) = E d^3\sigma / d^3p. \quad /1/$$

Фейнман высказал гипотезу, что при больших энергиях структурная функция переменных $x = 2p_{||} / \sqrt{s}$ и p_{\perp} не зависит от энергии, а в распределении по быстротам

$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_{||}}{E - p_{||}}$ появляется плато. Большой интерес к изучению структурных функций в области очень высоких энергий ^{/1/} заставляет часто использовать эксперимент на ядерных мишенях. При этом могут возникнуть трудности, связанные с нормировкой к абсолютному сечению и сопоставлением формы распределений по быстротам ^{/2/}. Например, в работе ^{/3/} при анализе взаимодействий адронов с ядрами фотозмульсии при энергиях $T \gtrsim 10^4$ ГэВ был сделан вывод об отсутствии плато в распределении по y , что интерпретировалось как нарушение скэйлинга *.

2. Мы попытались проверить, как изменяются угловые характеристики вторичных частиц в нуклон-ядерных столкновениях с изменением атомного номера ядра-мишени.

* Другая интерпретация этого опыта рассмотрена в работе ^{/4/}.

Очевидно, что существование внутриядерного каскада будет искажать угловое распределение по сравнению с распределением в $N-N$ - взаимодействиях.

Можно ожидать нескольких эффектов: сдвиг максимума распределения по $\lg \theta_L$, приближение распределения к изотропному в ц-системе и изменение сечения в максимуме распределения.

Расчеты производились по модели внутриядерных каскадов методом Монте-Карло. Использовались, в основном, те же программы, что и в работе ^{/5/}. Согласно этой модели, налетающая на ядро первичная частица взаимодействует с одним из нуклонов ядра. Образовавшиеся в первом взаимодействии вторичные частицы движутся внутри ядра и, сталкиваясь /упруго или неупруго/ с другими внутриядерными нуклонами, генерируют новые частицы. Таким образом, в ядре образуется лавина частиц /внутриядерных каскад/. Характеристики элементарных $\pi-N$ и $N-N$ - взаимодействий были взяты из эксперимента. Угловые распределения частиц из неупругих взаимодействий

$$W(x) \approx e^{-\frac{(z+\bar{z})^2}{2\sigma^2}}, \quad /2/$$

где

$$\bar{z} = \lg \gamma_c, \quad \sigma^2 = 0.4, \quad z = \lg \theta_L \quad /6/$$

Переход к системе центра масс осуществлялся по формуле

$$\lg \frac{\theta_c}{2} = \gamma_c \lg \theta_L. \quad /3/$$

В другом варианте расчета величина z разыгрывалась равномерно на отрезке $[-\bar{z}+1; -\bar{z}-1]$. Такое распределение примерно соответствует распределению частиц по быстрой в случае фейнмановского скэйлинга.

Углы упруго рассеянных частиц вычислялись по формуле

$$\frac{d\sigma}{d|t|} = B(T) e^{-\beta(T)|t|} \quad /4/$$

Были использованы экспериментальные значения $B(T)$ и $\beta(T)$.

В области высоких энергий $\sigma_{in}/\sigma_{tot} \approx 0,75$, кроме того в неупругих взаимодействиях рождаются в среднем десятки частиц. Поэтому угловое распределение частиц в неупругих взаимодействиях с ядрами определяется, в основном, формулой /2/. Неопределенности величин B и β слабо сказываются на результатах расчета. Распределения /2/ обладают тем свойством, что их вид не зависит от первичной энергии /или \bar{z} /. С изменением энергии кривая перемещается вдоль оси z . Вычисления производились для энергий нуклонов 200 и 1000 Гэв и различных ядер.

На рис. 1 показано изменение параметра асимметрии

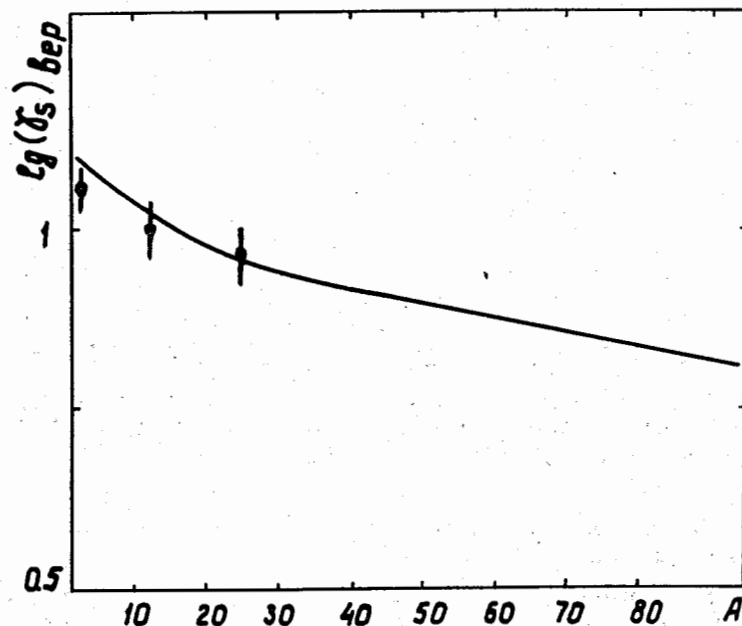


Рис. 1. Зависимость наиболее вероятного значения параметра асимметрии $\lg \gamma_s$ от атомного номера ядра-мишени.

$$\lg \gamma_s = -\frac{1}{n_s} \sum_i \lg \lg \theta_L^{(i)}$$

при увеличении атомного номера ядра-мишени. Сплошная линия - результат расчета, проведенного с точностью 3-5%. Экспериментальные данные, полученные в опытах с камерой Вильсона в космических лучах при средней энергии ≈ 200 Гэв, были взяты из работы^{/7/}. Следует отметить, что параметр $\lg \gamma_s$ при фиксированной энергии чувствителен к массе ядра-мишени.

На рис. 2 приведена зависимость коэффициента α_{max}

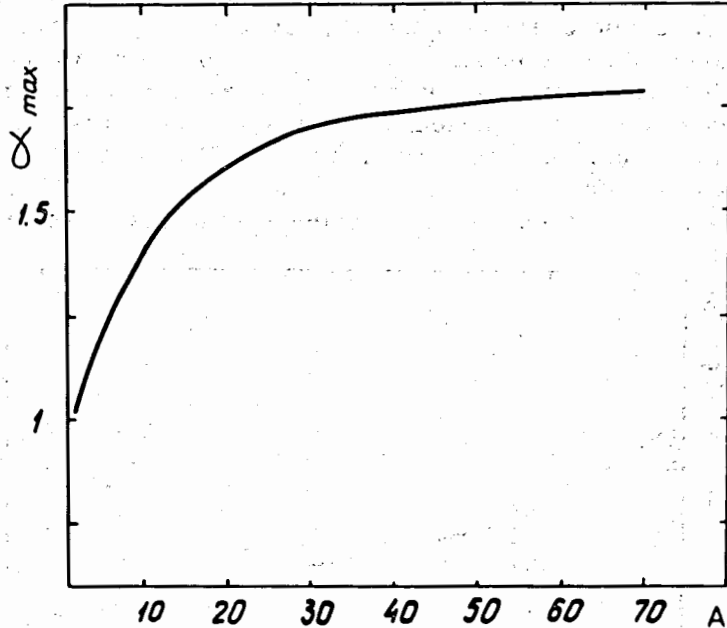


Рис. 2. Коэффициент пересчета α_{max} от сечения в максимуме распределения по y для p - A взаимодействия к сечению p - p взаимодействия.

возрастания сечения в точке $y=0$ при переходе от p - p взаимодействия к p -ядерному взаимодействию для прямоугольного исходного распределения. Поскольку распределение в ψ -системе не может стать уже, чем изотропное, то кривая стремится к некоторому постоянному значению, соответствующему изотропии в ψ -системе.

Используя коэффициент α_{max} , можно попытаться нормировать распределение по y , полученное в опытах с космическими лучами на углеродной мишени, к нуклон-нуклонному сечению при $y=0$. Абсолютное сечение вычислялось по формуле

$$\frac{d\sigma}{dy} \Big|_{pp} = \frac{N_{pC} \sigma_{in}(pp) \langle n \rangle_{pp}}{\sigma_{in}(pC) \langle n \rangle_{pC} \alpha_{max}}$$

где

$$\sigma_{in}(pC) = 230 \text{ мбн}, \quad N_{pC} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta y}$$

Результат сравнения космических данных при 200 Гэв^{/8/} с ускорительными, полученными для p - p столкновений в Батавии при той же энергии^{/9/}, представлен на рис. 3.

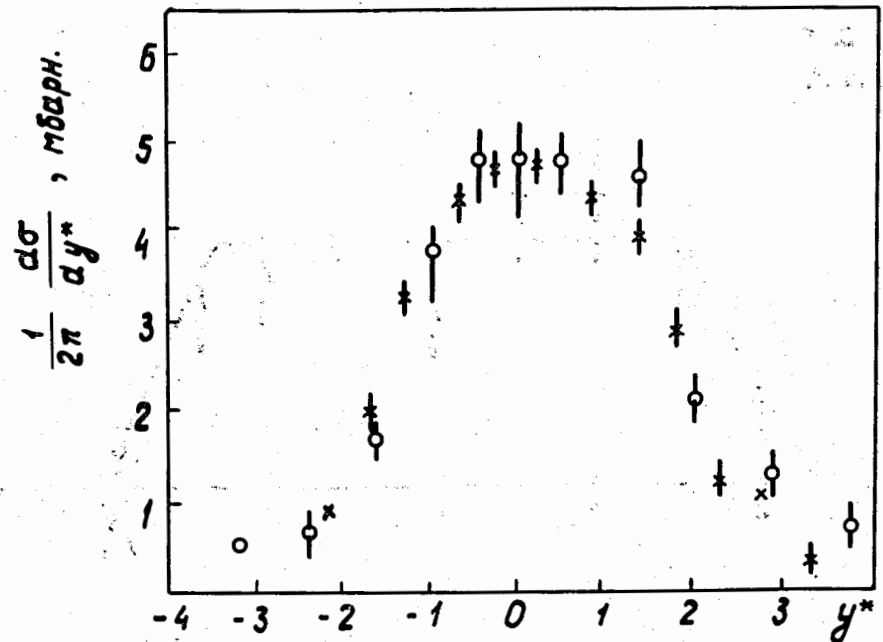


Рис. 3. Распределение по быстротам вторичных частиц из неупругих p - p взаимодействий при энергии 205 Гэв^{/9/}. Значками * обозначено распределение частиц из взаимодействий космических протонов с углеродом при 200 Гэв^{/8/}.

Рисунок иллюстрирует удовлетворительное согласие двух опытов.

3. Можно отметить еще одно обстоятельство, которое важно учитывать при анализе фотоэмulsionных данных в космических лучах. Существование асимметричных ливней в ц-системе может приводить к сужению углового распределения в шкале $y \approx \lg \operatorname{tg} \theta_L$, если различные взаимодействия нормируются по величине $\lg \gamma_s^{1/6}$. Чтобы получить правильное распределение, необходимо знать энергию взаимодействия T и нормировать отдельные звезды по величине $\lg \gamma_c = \lg \sqrt{\frac{T}{2m_p}}$.

На рис. 4 показаны результаты такой обработки данных /10/, полученных в космических лучах при $T \geq 10^4$ Гэв.

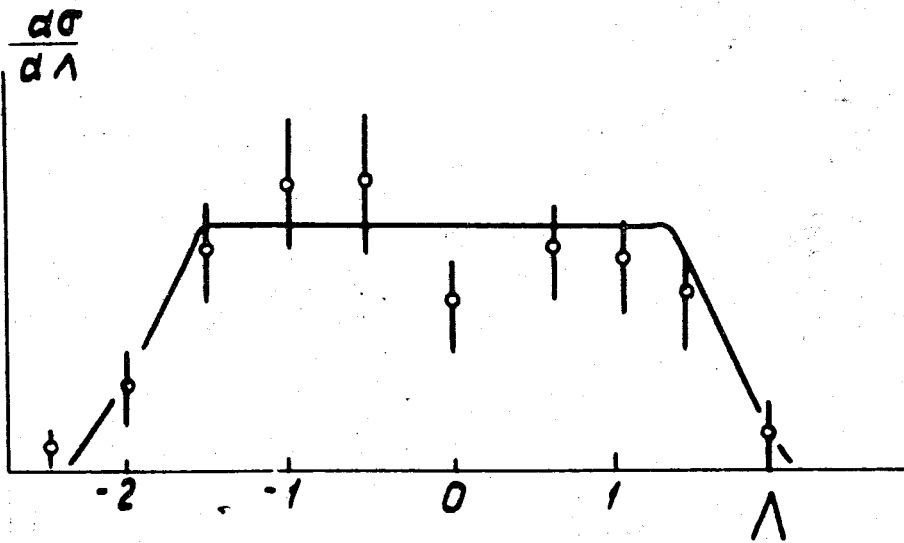


Рис. 4. Распределение по $\Lambda = \lg(\gamma_c \operatorname{tg} \theta_L)$ вторичных частиц из взаимодействий с $N_h = 0,1$. Число событий ≈ 10 с энергией $T \geq 10^4$ Гэв /10/. Сплошной линией указано распределение, примерно соответствующее фейнмановскому скэйлингу.

Отбирались события, в которых начальная энергия определялась по энергии электромагнитного каскада и среднему перпендикулярному импульсу заряженных частиц, т.е. способом, не зависящим от $\lg \operatorname{tg} \theta_L$. Было наложено также жесткое ограничение на число серых и черных следов ($N_h = 0,1$). В результате получено платообразное распределение, подобное распределению, известному из опытов на встречных пучках /7/. Таким образом, учет вторичных взаимодействий в ядре-мишени и использование событий с известной энергией дает возможность согласовать данные космических лучей и ускорителей и получить новые сведения в области энергий, недоступных для современных ускорителей.

Аналогичный вывод был сделан в работе /11/ на основе моделей, использующих математический аппарат теории Глаубера.

Литература

1. K. Winter. *Acta Physica Austriaca, Suppl.* IX, 795 (1972).
2. Ю.В.Анищенко, Л.Т.Барадзей, Н.А.Добротин, В.Г.Денисова и др. Всесоюзная конференция по космическим лучам. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 37, 1412 /1973/.
3. L. von Lindern, R.S.Panvini, J.Hanlon and E.O.Salant. *Phys.Rev.Lett.*, 27, 1745 (1971).
4. A.Krzywicki and B.Peterson. *Phys.Rev.*, 6D, 924 (1972).
5. В.С.Барашенков, С.М.Елисеев. Препринт ОИЯИ, P2-6395, Дубна, 1972.
6. В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. *Космические лучи и их взаимодействия*. Атомиздат, Москва, 1967.
7. И.Н.Ерофеев, Л.Г.Мищенко, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 32, 417 /1968/.
8. Н.Л.Григоров, И.Н.Ерофеева, В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. *Таблицы экспериментальных данных по взаимодействиям ядерно-активных частиц в графитовой мишени*. НИИЯФ МГУ 69-159-100.
9. J. Whitmore. *Preprint ANL-NAL*, 1972.
10. F.Brisbout, C.Gauld, T.Gray, C.McCusker, J.Malos, K.Nishikawa et al. *Nuovo Cimento Suppl.* 1, 1039 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел 9 июля 1973 года.