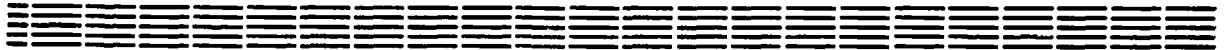


8018807260

Препринт ЕФИ-973(23)-87

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



Г.Р.ГУЛКАНЯН, С.А.КОРЧАГИН, С.А.САРКИСЯН

**МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ
ПИОНОВ В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ
НЕЗАВИСИМЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

Հ.Ռ. ԳՈՒԼՔԱՆՅԱՆ, Ս.Ա. ԿՈՐԶԱԳԻՆ, Ս.Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

**ՄԻՋՈՒՆ-ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ԲԱՌՈՒՄՆԵՐՈՒՄ ՊԻՈՆՆԵՐԻ ՔՎԻ ԲԱՇԽՄԱՆ
ՄՈՄԵՆՏՆԵՐԸ ԵՎ ԱՆԿԱՔ ՓՈՒԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄՈԳԵԼԻ
ՓՈՐՉԱՐԱՐԱԿԱՆ ԱՏՈՒԳՈՒՄԸ**

Միջուկ-միջուկային բախումներում ընկնող միջուկի փոխազդած նուկլոնների թվի բաշխման մոմենտների փորձարարական վերականգնման նախկինում առաջարկված մեթոդի հիման վրա ստացվել են կանխագուշակոսմաներ այդ բախումներում առաջացած պիոնների թվի բաշխման մոմենտների համար՝ այն ենթադրությամբ, որ ընկնող միջուկի նուկլոնները թիրսփ-միջուկի հետ փոխազդում են միմյանցից անկախ: Կանխագուշակումները համեմատվել են 4,2 ԳէՎ/Ս.Ա իմպուլսի դեպքում C_{Te} -բախումներում 90° և 90° -մեզոնների թվի բաշխման մոմենտների /ընդհուպ մինչև 6-րդ կարգի/ փորձարարական արդյունքների հետ և ստացվել են նոր ապացույցներ այն մասին, որ պիոնների առաջացման պրոցեսում զերակշռող դերը պատկանում է անկախ փոխազդեցությունների մեխանիզմին:

Երևանի Փիզիկայի ինստիտուտ

ԵՐԵՎԱՆ 1987



Preprint EGM-973(23)-87

H.R. GULKANYAN, S.A. KORCHAGIN, S.A. SARKISYAN

PION MULTIPLICITY DISTRIBUTION MOMENTS IN
NUCLEUS-NUCLEUS COLLISIONS AND EXPERIMENTAL VERIFICATION
OF THE INDEPENDENT INTERACTIONS MODEL

On the basis of earlier proposed model of experimental reduction of distribution moments of the number of interacted nucleons of the projectile-nucleus, predictions are made for the pion multiplicity distribution moments in nucleus-nucleus collisions, assuming that the incident nucleus nucleons interact with the target-nucleus independent of each other. The comparison of predictions with experimental data on π^- and π^0 - meson distribution moments (up to the 6th order) in 4.2 GeV/cA C-Ta collisions once more proves of the dominance of the independent interaction mechanism in the multiple production of pions.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1987

Г.Р.ГУЛКАНЯН, С.А.КОРЧАГИН, С.А.САРКИСЯН

МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПИОНОВ
В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
ПРОВЕРКА МОДЕЛИ НЕЗАВИСИМЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

На основе предложенного ранее метода экспериментального восстановления моментов распределения по числу провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда получены предсказания для моментов распределения по множественности пионов в ядро-ядерных столкновениях, в предположении, что нуклоны налетающего ядра взаимодействуют с ядром-мишенью независимо друг от друга. Сравнение предсказаний с экспериментальными данными по моментам (вплоть до 6-го порядка) распределений π^- и π^0 - мезонов в $С\alpha$ - столкновениях при 4,2 ГэВ/с-Я дает новые доказательства доминирующей роли механизма независимых взаимодействий во множественном рождении пионов.

Ереванский физический институт

Ереван 1987

Одним из наиболее интересных аспектов изучения взаимодействий релятивистских ядер является поиск коллективных эффектов генерации вторичных частиц, не сводящихся к независимым "элементарным" нуклон-нуклонным (нуклон-ядерным) столкновениям. Наиболее простым тестом для проверки гипотезы независимых взаимодействий является средняя множественность рожденных пионов. В работах [1,2] показано, что средние и дисперсии распределений по множественности π^- -мезонов во взаимодействиях легких ядер (d , He, C) с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон с ядром тантала согласуются со значениями, ожидаемыми при предположении, что нуклоны налетающего ядра взаимодействуют с ядром-мишенью независимо друг от друга.

Целью настоящей работы является более детальная проверка этого вывода путем анализа моментов по множественности вплоть до шестого порядка как для отрицательных, так и для нейтральных пионов в STa -взаимодействиях.

Экспериментальные значения моментов M_{π}^m ($m = 1 \dots 6$) этих распределений, полученные на основе опубликованных ранее данных [3,4], приведены в табл. I.

В предположении, что нуклоны ядра снаряда взаимодействуют с мишенью независимо друг от друга и воспользовавшись свой-

Таблица I

M_m		1	2	3	4	5	6
экспер.	M_{π^-}	$3,4 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,2$ $\times 10$	$1,5 \pm 0,2$ $\times 10^2$	$1,4 \pm 0,2$ $\times 10^3$	$1,3 \pm 0,2$ $\times 10^4$	$1,4 \pm 0,3$ $\times 10^5$
	M_{π^0}	$3,4 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,3$ $\times 10$	$1,5 \pm 0,3$ $\times 10^2$	$1,4 \pm 0,25$ $\times 10^3$	$1,1 \pm 0,25$ $\times 10^4$	$1,0 \pm 0,5$ $\times 10^5$
расчет	M_{π^-}	$3,7 \pm 0,5$	$2,5 \pm 0,5$ $\times 10$	$1,7 \pm 0,5$ $\times 10^2$	$1,3 \pm 0,5$ $\times 10^3$	$1,2 \pm 0,5$ $\times 10^4$	$1,1 \pm 0,6$ $\times 10^5$
	M_{π^0}	$3,8 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,4$ $\times 10$	$1,7 \pm 0,4$ $\times 10^2$	$1,4 \pm 0,4$ $\times 10^3$	$1,2 \pm 0,5$ $\times 10^4$	$1,2 \pm 0,5$ $\times 10^5$

ствами производящих функций [5], указанные моменты можно выразить через моменты распределений двух случайных величин: числа γ провзаимодействовавших с мишенью нуклонов снаряда и числа пионов K , рожденных во взаимодействии нуклона снаряда с мишенью. Эта связь моментов приведена в приложении А.

Моменты $\langle K_{\pi}^m \rangle$ ($m = 1, \dots, 6$) и распределения по множественности π^- -мезонов $\{P_K\}$ ($K = 0, 1, \dots$) в nTa -взаимодействиях определились на основе экспериментальных данных [3, 6] по pTa - и dTa -взаимодействиям и в предположении о независимом характере взаимодействия нуклонов дейтрона с мишенью. Для π^0 -мезонов эти данные определялись на основе экспериментальных данных [4] по dTa -взаимодействиям в предположении, что распределения по множественности π^0 -мезонов в pTa - и nTa -взаимодействиях близки и что протон и нейтрон дейтерия взаимодействуют с мишенью независимо друг от

друга.

Полученные таким образом распределения по множественности π^- и π^0 - мезонов в $N\pi\alpha$ -взаимодействиях и моменты этих распределений приведены в табл.2

Таблица 2

K	0	1	2	3		
$P_K^{\pi^-}$	0,539 $\pm 0,020$	0,338 $\pm 0,024$	0,102 $\pm 0,016$	0,0023 $\pm 0,005$		
$P_K^{\pi^0}$	0,533 $\pm 0,014$	0,368 $\pm 0,017$	0,098 $\pm 0,013$	0,0014 $\pm 0,005$		
m	1	2	3	4	5	6
$\langle K_{\pi^-}^m \rangle$	0,5 $\pm 0,05$	0,80 $\pm 0,11$	1,30 $\pm 0,25$	2,39 $\pm 0,61$	4,84 $\pm 1,64$	10,55 $\pm 4,59$
$\langle K_{\pi^0}^m \rangle$	0,57 $\pm 0,04$	0,80 $\pm 0,09$	1,27 $\pm 0,21$	2,29 $\pm 0,55$	4,58 $\pm 1,49$	9,90 $\pm 4,24$

Моменты $\langle \nu^n \rangle$ распределения по числу провзаимодействовавших с мишенью нуклонов ядра углерода выражаются, при помощи предложенного в [7] метода, через экспериментально измеренное [8] распределение W_i ($i = 1, \dots, 6$) по числу провзаимодействовавших протонов углерода

$$\langle \nu^n \rangle = \sum_{i=1}^Z \alpha_i(n) W_i, \quad (I)$$

где $\alpha_i(n)$ является решением системы линейных уравнений [7] и в общем случае для ядра-снаряда с зарядом Z и массовым числом A равны (см. приложение Б):

$$\alpha_i(n) = \left[\sum_{j=1}^i j^n C_{\text{Я}}^j C_{z+i-1-j}^{i-j} (-1)^{i-j} \right] / C_z^i; \quad (i=1 \dots z). \quad (2)$$

Экспериментально измеренные вероятности W_n и вычисленные по (1) и (2) моменты $\langle \nu^n \rangle$ приведены в табл.3.

Таблица 3

n	0	1	2	3	4	5	6
W_n	0,14 $\pm 0,02$	0,13 $\pm 0,02$	0,12 $\pm 0,02$	0,12 $\pm 0,02$	0,12 $\pm 0,02$	0,13 $\pm 0,02$	0,24 $\pm 0,02$
$\langle \nu^n \rangle$		6,6 $\pm 0,6$	(6 $\pm 0,8$) $\times 10$	(6,1 ± 1) $\times 10^2$	(6,5 $\pm 1,2$) $\times 10^3$	(7,1 $\pm 1,4$) $\times 10^4$	(8,0 $\pm 1,7$) $\times 10^5$

В табл.1 проводится сравнение экспериментально измеренных значений моментов распределений по множественности π^- и π^0 -мезонов с расчетными значениями, вычисленными при помощи содержащихся в табл.2 и 3 данных и приведенных в приложении выражений для M_{π}^m ($m = 1, \dots, 6$). Видно, что согласие между экспериментальными и расчетными величинами удовлетворительное. Этот факт является новым подтверждением того, что доминирующим механизмом пинообразования в ядро-ядерных столкновениях является независимое взаимодействие нуклонов налетающего ядра с мишенью.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Рассмотрим гипотезу о независимом взаимодействии нуклонов налетающего ядра с массовым числом A с ядром-мишенью T . Пусть с вероятностью g_ν ($\nu = 1, \dots, A$) происходит столкновение ν нуклонов снаряда с мишенью, а образование пионов в каждом из этих ν столкновений происходит независимо и в соответствии с распределением $\{P_k\}$ по множественности пионов во взаимодействии "среднего" нуклона снаряда с мишенью. Число n рожденных пионов в AT -взаимодействии является суммой ν независимых случайных чисел K_i , $n = \sum_{i=1}^{\nu} K_i$, где сама ν - случайная величина. Тогда производящая функция вероятностей (ПФВ) $H(s)$ величины n выражается [5] через ПФВ каждой из переменных K_i , $F(s) = \sum_{k=0}^{K_{\max}} P_k s^k$ и распределение $\{g_\nu\}$

$$H(s) = \sum_{\nu=1}^A g_\nu [F(s)]^\nu,$$

а искомые моменты M_m^π ($m = 1, 2, \dots$) распределения по n выражаются через производные от $H(s)$ в точке $s = 1$. Для иллюстрации приведем подробные вычисления для первого и второго моментов

$$H'(s) \Big|_{s=1} = M_1^\pi = \sum_{\nu=0}^A g_\nu \nu (F(s))^{\nu-1} F'(s) \Big|_{s=1} = \sum_{\nu=0}^A \nu g_\nu 1^{\nu-1} \langle K_1^\pi \rangle = \langle K_1^\pi \rangle \sum_{\nu=0}^A \nu g_\nu = \langle K_\pi \nu \rangle,$$

$$H''(s) \Big|_{s=1} = M_2^\pi - M_1^{\pi^2} = \sum_{\nu=0}^A \left\{ \nu(\nu-1) g_\nu (F(s))^{\nu-2} (F'(s))^2 + \nu g_\nu (F(s))^{\nu-1} F''(s) \right\} \Big|_{s=1} \quad (4)$$

$$= \langle K_\pi \rangle^2 \langle \nu^2 \rangle + (\langle K_\pi^2 \rangle - \langle K_\pi \rangle^2 - \langle K_\pi \rangle) \langle \nu \rangle.$$

Остальные производные от $H(s)$ (вплоть до 6-го порядка) в точке $S = I$ имеют вид (для проверки они вычислялись также при помощи системы аналитических вычислений REDUCE [9]):

$$H''' = \langle v^3 \rangle (F')^3 + \langle v^2 \rangle \{ 3F'F'' - (F')^3 \} + \langle v \rangle \{ 2(F')^3 - 3F'F'' + F''' \},$$

$$H^{IV} = \langle v^4 \rangle (F')^4 + \langle v^3 \rangle \{ 6(F')^2F'' - 6(F')^4 \} + \langle v^2 \rangle \{ 11(F')^4 - 18(F')^2F'' + 4F'F''' + 3(F'')^2 \} + \langle v \rangle \{ 12(F')^2F'' - 6(F')^4 - 4F'F''' - 3(F'')^2 + F^{IV} \},$$

$$H^V = \langle v^5 \rangle (F')^5 + 10\langle v^4 \rangle \{ (F')^3F'' - (F')^5 \} + \langle v^3 \rangle \{ 10F'''(F')^2 + 15(F'')^2F' - 60F''(F')^3 + 35(F')^5 \} + \langle v^2 \rangle \{ 5F^{IV}F' + 10F'''F'' - 30F'''(F')^2 - 45(F'')^2F' + 110F''(F')^3 - 50(F')^5 \} + \langle v \rangle \{ F^V - 5F^{IV}F' - 10F'''F'' + 20F'''(F')^2 + 30(F'')^2F' - 60F''(F'')^3 + 24(F')^5 \}, \quad (5)$$

$$H^VI = \langle v^6 \rangle (F')^6 + 15\langle v^5 \rangle \{ (F')^4F'' - (F')^6 \} + \langle v^4 \rangle \{ 20F'''(F')^3 + 45(F'')^2(F')^2 - 150F''(F')^4 + 85(F')^6 \} + \langle v^3 \rangle \{ 15F^{IV}(F')^2 + 60F'''F''F' - 120F'''(F')^3 + 15(F'')^3 - 270(F'')^2(F')^2 + 525F''(F')^4 - 225(F')^6 \} + \langle v^2 \rangle \{ 6F^V F' + 15F^{IV}F'' - 45F^{IV}(F')^2 + 10(F''')^2 - 180F'''F''F' + 220F'''(F')^3 - 45(F'')^3 + 495(F'')^2(F')^2 - 750F''(F')^4 + 274(F')^6 \} + \langle v \rangle \{ F^VI - 6F^V F' - 15F^{IV}F'' + 30F^{IV}(F')^2 - 10(F''')^2 + 120F'''F''F' - 120F'''(F')^3 + 30(F'')^3 - 270(F'')^2(F')^2 + 360F''(F')^4 - 120(F')^6 \}.$$

Переход от производных $H_{(s)}^k$ к моментам M_k^{π} производится по формулам:

$$M_1^{\pi} = H'; \quad M_2^{\pi} = H'' + M_1^{\pi}; \quad M_3^{\pi} = H''' + 3M_2^{\pi} - 2M_1^{\pi};$$

$$M_4^{\pi} = H^{IV} + 6M_3^{\pi} - 11M_2^{\pi} + 6M_1^{\pi}; \quad M_5^{\pi} = H^V + 10M_4^{\pi} - 35M_3^{\pi} + 50M_2^{\pi} - 24M_1^{\pi}; \quad (6)$$

$$M_6^{\pi} = H^VI + 15M_5^{\pi} - 85M_4^{\pi} + 225M_3^{\pi} - 274M_2^{\pi} + 120M_1^{\pi}.$$

Таким образом, выражения (4)–(6) связывают искомые моменты M_m^{π} ($m = I, \dots, 6$) с моментами распределения по числу провоза-

имодействовавших нуклонов ядра снаряда $\langle \nu^m \rangle$ ($m = 1, \dots, 6$)
(в случае STa - взаимодействий они приведены в табл.3) и
моментами распределения по числу рожденных пионов $\langle K^m \rangle$
($m = 1, \dots, 6$) в нуклон-ядерных взаимодействиях (в слу-
чае NTa - взаимодействий они приведены в табл.2).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Коэффициенты $\alpha_i(M)$ в формуле (I) определяются как решение системы уравнений [7]

$$\sum_{i=1}^Z \alpha_i(M) C_Z^i C_N^{V-i} = V^M C_A^V \quad (V = 1, \dots, Z). \quad (7)$$

Здесь $N = A - Z$ - число нейтронов в ядре-снаряде. Решения (?) для частного случая ядра углерода ($A = 12, Z = 6$) приведено в [7]. Ниже приводится решение системы (?) для произвольных A и $Z < A$ с применением метода степенных производящих функций (метод так называемого Z - преобразования [10]). Для этого мы воспользуемся таблицей соответствия операций при Z - преобразовании, приведенной в [10], и будем использовать принятую в ней нумерацию теорем.

Заметив, что в левой части (?) стоит свертка последовательностей $\{\beta_i\} \equiv \{\alpha_i(M) C_Z^i\}$ и $\{C_N^i\}$ и используя теоремы 2, 6, 10 из [10], легко получить уравнение

$$B(z) = (z [(z \frac{d}{dz})^M (1+z)^A]) / (1+z)^N. \quad (8)$$

Здесь $B(z) = \sum_{i=1}^{\infty} \beta_i z^i$ есть изображение последовательности $\{\beta_i\}$ при Z - преобразовании, $(1+z)^A$ - изображение последовательности $\{C_A^i\}$, а $(1+z)^N$ - изображение последовательности $\{C_N^i\}$.

Заметим, что $(z \frac{d}{dz})^M (1+z)^A = (z \frac{d}{dz})^M \sum_{j=0}^A C_A^j z^j = \sum_{j=0}^A j^M C_A^j z^j$

и что

$$\frac{z}{(1+z)^N} = \sum_{j=0}^{\infty} C_{N+j-1}^j (-1)^j z^{j+1}. \quad (9)$$

Функция $B(z)$ представляет собой произведение этих двух сумм. Чтобы найти оригинал преобразования $B(z)$ (т.е. последовательность $\{\beta_i\}$), нужно получить коэффициенты степенного ряда $B(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \beta_i z^i$. Воспользовавшись теоремой об умножении степенных рядов и перемножив ряды (9), получим

$$\beta_i(m) = \sum_{j=1}^i j^n C_{\mathcal{R}}^j C_{z+i-j-1}^{i-j} (-1)^{i-j}$$

Тогда для коэффициентов $\{\alpha_i(m)\}$ получается выражение

$$(2) \quad \alpha_i(m) = \beta_i(m) / C_z^i = \left[\sum_{j=1}^i j^n C_{\mathcal{R}}^j C_{z+i-j-1}^{i-j} (-1)^{i-j} \right] / C_z^i .$$

$$(i = 1, \dots, z; \quad m = 1, \dots, z)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdrahmanov E.O., Basina A.N., Chasnikov I.Ya et al. Interaction Cross Sections and Negative Pion Multiplicities in Nucleus-Nucleus Collisions at 4.2 GeV/c per Nucleon. Z.Physik C 1980, vol.5, p.1-9
2. Ангелов Н., Ахабабян Н.А., Баатар Ц. и др. Анализ поведения сечений и множественности π^- - мезонов при взаимодействии релятивистских ядер d, He, C с ядрами углерода и тантала. ЯФ, 1981, т.33, с.1046.
3. Агакишиев Г.Н., Баатар Ц., Гаспарян А.П. и др. Распределения по множественности π^- - мезонов, образующихся при взаимодействии легких ядер с ядрами тантала при импульсах $P_0 = 2.5$ ГэВ/с на нуклон. Препринт ОИЯИ I-83-22, 1983.
4. Гулкянц Г.Р., Канарек Т., Кладницкая Е.Н. и др. Распределения по множественности π^0 - мезонов в dTa и CTa взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. ЯФ, 1984, т.40, с.745.
5. Идье В., Драйард Д., Джеймс Ф. и др. Статистические методы в экспериментальной физике /Под редакцией А.А.Тяпкина, М.: Атомиздат, 1976.
6. Баатар Ц., Гаспарян А.П., Гафуров Г.Г. и др. Множественность π^- - мезонов в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами C и Ta в интервале импульсов 2-10 ГэВ/с. ЯФ, 1980, т.32, с.1372.

7. Гулканян Г.Р., Корчагин С.А. Метод экспериментального определения моментов распределения по числу взаимодействовавших нуклонов релятивистских ядер. ЯФ, 1981, т.33, с.71.
8. Баатар Ц., Гаспарян А.Г., Гафуров Г.П. и др. Распределения по числу взаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда при неупругом столкновении релятивистских ядер d , He и C с танталом. Препринт ОИЯИ PI-80-209, 1980.
9. Jegan A.C. REDUCE User's Manual. Hand Publication. Santa Monica. April 1983.
10. Кора Р., Кооп Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1984, с.266-266.

Рукопись поступила 10 апреля 1984 г.

Г.Р.ГУЛКНЯН, С.А.КОРЧАГИН, С.А.САРКИСЯН

МОМЕНТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПИОНОВ
В ЯДРО-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА
МОДЕЛИ НЕЗАВИСИМЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 5/УІ-87г. ВФ-024І4 Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч.изд.л. 0,8 Тираж 299 экз. Ц. 10 к.
Зак. тип. № 362 Индекс 3624

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркарян 2

The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Markaryan St., 2
Yerevan, 375036
Armenia, USSR

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ