

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В ПРОЦЕССАХ МНОЖЕСТВЕННОГО РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ В ЯДРАХ. ДВУХКЛАСТЕРНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

Н. Ангелов, В.Б. Любимов, Р. Тогоо

Проведен анализ корреляций между кластерами во взаимодействиях (найденных на снимках с 2-метровой пропановой камеры) с образованием по крайней мере двух кластеров. Он показал, что из центральной области вылетают скоррелированные сгустки (кластеры, струи и пр.) с большими поперечными импульсами. Они имеют большие множественности и «температуры», чем кластеры в других областях. Наблюдаются «дальнодействующие» корреляции между кластерами из областей фрагментации мишени и налетающей частицы. Их множественности и «температуры» меньше в сравнении с остальными.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Clusterization in Processes of Multiple Particle Production in Nuclei. Two-Cluster Correlations

N. Angelov, V. B. Lyubimov, R. Togoo

The analysis of correlations has been made between clusters in interactions with production, at least, of two clusters (found in photographs from the 2-meter propane chamber). It is shown that correlated bunches (clusters, jets and the others) with large transverse momenta are emitted from the central region. They have larger multiplicities and «temperatures» than clusters have in other regions. Long-range correlations between clusters from regions of a target fragmentation and incident particle have been observed. Their multiplicities and «temperatures» are smaller in comparison with the rest.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Продолжены исследования проблемы кластеризации вторичных частиц, образующихся в неупругих адрон- и ядро-ядерных столкновениях. В предыдущих работах [1—3] были рассмотрены общие характеристики кластеров, в том числе и кластеров в событиях со странными и кумулятивными адронами. Получены результаты по вероятностям кластеризации, температурным характеристикам кластеров и т.д.

В настоящей работе представлены результаты анализа корреляций между кластерами, выделенных в неупругих π^-p^- , π^-C^- -взаимодействиях при $P_{\pi^-} = 40$ ГэВ/с, а также в АА-столкновениях при $P = 4,2$ ГэВ/с нуклон, найденных на снимках с 2-метровой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ. Для выделения кластеров анализировались взаимодействия с числом вторичных заряженных частиц $n_{\pm} \geq 4$. Данные по АА-взаимодействиям состоят из 6% pC^- , 14% dC^- , 23% HeC^- и 57% CC^- -столкновений (для событий с числом кластеров $n_{cl} \geq 2$).

Выделение кластеров производилось в пространстве переменных $b'_{ik} = (m_i m_k / m_0^2) b_{ik}$, где $b_{ik} = -(u_i - u_k)^2$; u_i, u_k — 4-скорости рассматриваемых частиц; m_i, m_k — их массы; m_0 — атомная единица массы. При этом использовался алгоритм «минимально разветвленного дерева», в котором n частиц рассматриваемого события связываются ($n - 1$) элементами «длины» в пространстве переменных b'_{ik} так, чтобы суммарная «длина» (b'_{ik}) была минимальной. Затем применялась процедура итераций, в результате которой выделялись наиболее плотные сгущения частиц (кластеры) в этом пространстве.

Таблица 1. Статистика взаимодействий, кластеров и средние характеристики кластеров во взаимодействиях с $n_{cl} \geq 2$

Тип взаимодействий	π^-p^-	π^-C^-	АА
Число взаимодействий	13560	7700	11020
Число взаимодействий $n_{cl} \geq 2$	4310	4150	3370
Число кластеров	9253	10154	7269
$\langle n_{cl} \rangle$	$2,15 \pm 0,04$	$2,45 \pm 0,04$	$2,16 \pm 0,04$
$\langle n_{\pm} \rangle$	$3,28 \pm 0,04$	$3,68 \pm 0,04$	$3,62 \pm 0,05$
$\langle q \rangle$	$-0,01 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,01$	$1,98 \pm 0,03$
$\langle T \rangle$ (МэВ)	222 ± 3	217 ± 3	127 ± 2

Для анализа в данной работе использовались взаимодействия с числом кластеров $n_{cl} \geq 2$. Статистика событий и кластеров приведена в табл.1. На этом материале изучались корреляционные функции

$$C(x_i, x_j) = \rho_2(x_i, x_j) - \rho_1(x_i) \rho_1(x_j),$$

Таблица 2. Отношение числа кластеров, дающих положительные корреляции к полному числу кластеров (%)

Тип взаимодействий	π^-p	π^-C	AA
Переменные	%	%	%
y_i, y_j	$18,9 \pm 0,4$	$13,1 \pm 0,3$	$12,8 \pm 0,4$
y, P_{\perp}	$11,8 \pm 0,4$	$9,7 \pm 0,3$	$7,4 \pm 0,3$
$y, \Delta P_{\perp} $	$10,4 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,2$	$6,3 \pm 0,3$
$ \Delta y , P_{\perp}$	$10,5 \pm 0,3$	$6,7 \pm 0,2$	$6,8 \pm 0,3$
$ \Delta y , \Delta P_{\perp} $	$15,2 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,4$	$11,5 \pm 0,5$
$y, \Delta P_{\perp} $	$4,8 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,2$
$ \Delta y , \Delta P_{\perp} $	$6,0 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,3$
$P_{\perp i}, P_{\perp j}$	$5,9 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,1$	$8,2 \pm 0,3$
$y, \Delta \varphi $	$5,1 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,2$
$ \Delta y , \Delta \varphi $	$8,6 \pm 0,4$	$7,6 \pm 0,3$	$8,5 \pm 0,4$
$P_{\perp}, \Delta \varphi $	$8,0 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$
$ \Delta P_{\perp} , \Delta \varphi $	$4,3 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,4$

где $\rho_2(x_i, x_j)$ — двумерные и $\rho_1(x_i), \rho_1(x_j)$ — одномерные плотности распределений кластеров по переменным x_i и x_j , нормированные на единицу.

В качестве переменных x_i, x_j брались величины, характеризующие вылет кластеров:

а) в продольном направлении — продольная быстрота y и $|\Delta y| = |y_i - y_j|$ ($0 \leq y \leq y_{\max}$, где $y_{\max} = 4,8$ для π^-p -, π^-C - и $y_{\max} = 2,4$ для AA-взаимодействий);

б) в поперечном направлении — поперечный импульс P_{\perp} , $|\Delta P_{\perp}| = |P_{\perp i} - P_{\perp j}|$, $|\Delta P_{\perp}| = |P_{\perp i} - P_{\perp j}|$ и $|\Delta \varphi| = |\varphi_i - \varphi_j|$, где φ_i, φ_j — углы вылета кластеров в плоскости, перпендикулярной направлению движения первичной частицы ($P_{\perp}, |\Delta P_{\perp}| \leq 2,4$ ГэВ/с, $|\Delta P_{\perp}| \leq 4,8$ ГэВ/с). В случаях (y_i, y_j) и $(P_{\perp i}, P_{\perp j})$ проводилась симметризация по индексам i и j в двумерных распределениях.

Вычислялись значения корреляционных функции для всех пар переменных. Анализировались: а) области переменных, где $C(x_i, x_j) > 0$ и $\Delta C(x_i, x_j)/C(x_i, x_j) < 1$ (ΔC — ошибка функций C); б) величины $N_c = n_{cl}(C > 0)/N_{cl}$, где $n_{cl}(C > 0)$ — количество кластеров (комбинаций кластеров), дающих положительные корреляции, N_{cl} — полное количество кластеров (комбинаций кластеров). Результаты приведены в табл.2.

Из таблицы 2 видно, что:

1. Положительные корреляции наблюдаются во всех наборах переменных и типов взаимодействий.

2. В основном $N_c(\pi^- p) \cong 1,5 N_c(\pi^- C) \cong N_c(AA)$.

3. Азимутальные корреляции практически не зависят от неазимутальной переменной, типа взаимодействия и составляют 5—8%. Корреляционные функции для некоторых пар переменных показаны на рис.1—4. Поведение корреляционных функций $C(y_i, y_j)$ указывает на существование «дальнодействующих» корреляций в области мишени и налетающего ядра и положительных корреляций в центральной области (рис.1). Корреляции $C(P_{\perp i}, P_{\perp j})$ свидетельствуют о преимущественном образовании кластеров с близкими поперечными импульсами (рис.2). Видно (рис.3,4) что существуют три области с положительными

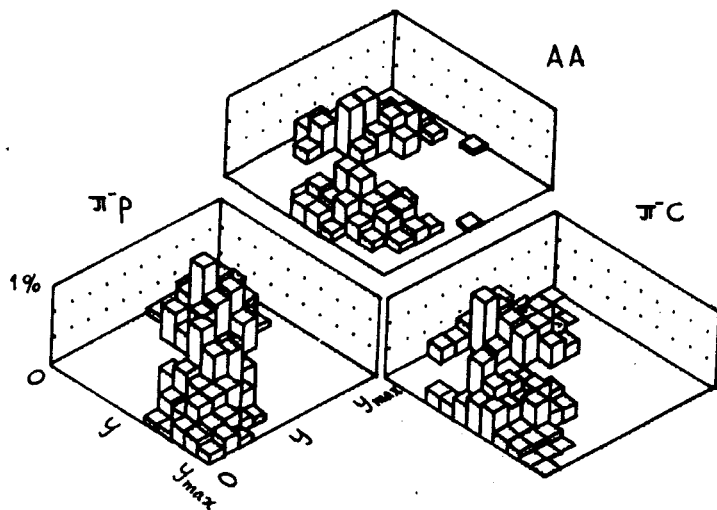


Рис.1. Корреляционные функции в зависимости от продольных быстрот кластеров

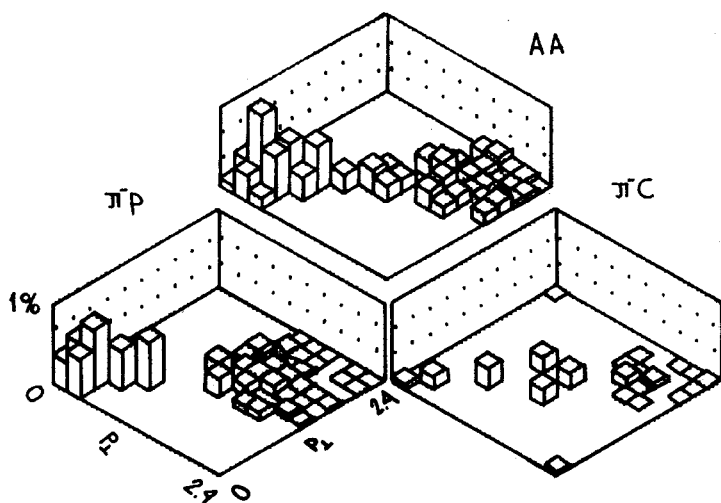


Рис.2. То же, что и на рис.1, но в зависимости от поперечных импульсов

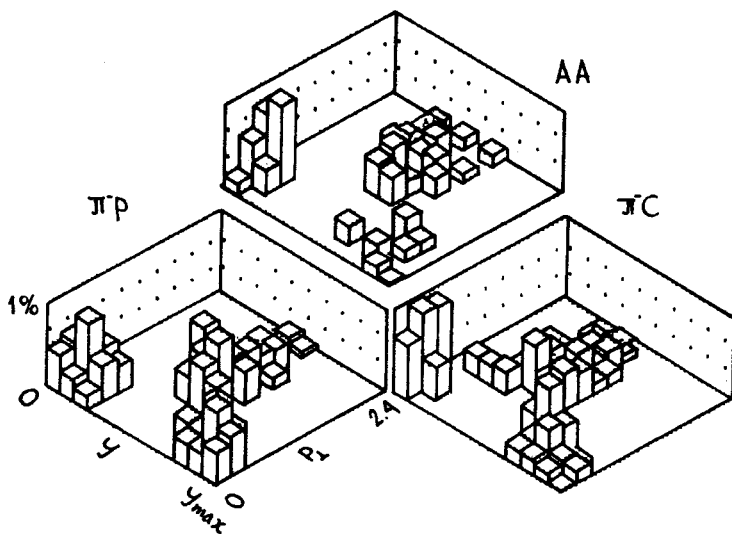


Рис.3. То же, что и на рис.1, но в зависимости от продольных быстрот и поперечных импульсов

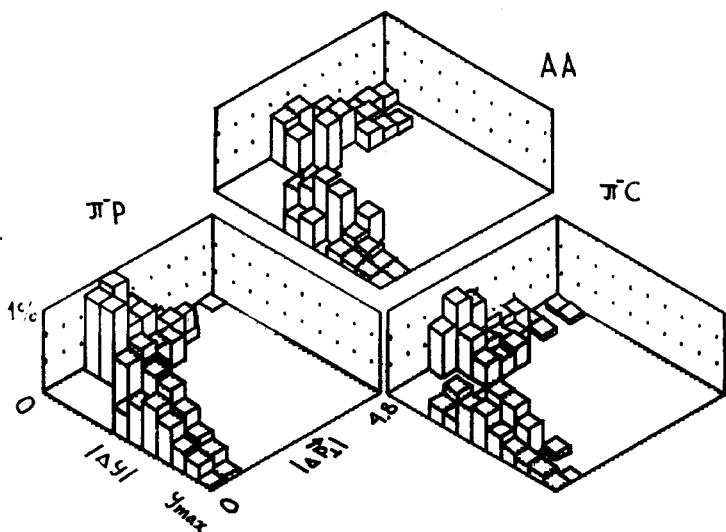


Рис.4. То же, что и на рис.1, но в зависимости от $|\Delta y|$ и $|\Delta P_{\perp}|$

корреляциями: а) фрагментация мишени — $0 \leq y \leq 0,2y_{\max}$ и $0 \leq P_{\perp} \leq 0,6$ (ГэВ/с); б) фрагментация налетающей частицы (ядра) $0,7y_{\max} \leq y \leq y_{\max}$ и $0 \leq P_{\perp} \leq 0,6$ (ГэВ/с); в) центральная область — $0,3y_{\max} \leq y \leq 0,6y_{\max}$ и $0,8 \leq P_{\perp} \leq 2,4$ (ГэВ/с). При этом примерно в 50% случаев положительные корреляции являются следствием образования кластеров в области мишени и (или) в области фрагментации налетающего ядра. В остальных 50% случаев кластеры вылетают в центральной области с большими поперечными импульсами и под большими углами между ними.

Средние характеристики кластеров — количество частиц $\langle n_{\pm} \rangle$, электрический заряд $\langle q \rangle$, кинетическая энергия $\langle T \rangle$ приведены в табл.1. На рис.5—7 показаны их значения в зависимости от продольных быстрых и поперечных импульсов кластеров. Основная закономерность — это рост множественности частиц и их кинетических энергий (в системе покоя кластера) в зависимости от поперечных импульсов кластеров.

Таким образом, анализ корреляций между кластерами во взаимодействиях с образованием по крайней мере двух кластеров показал, что в центральной области вылетают скоррелированные сгустки (кластеры, струи и пр.) с большими поперечными импульсами. Они имеют большие множественности и «температуры», чем кластеры в других обла-

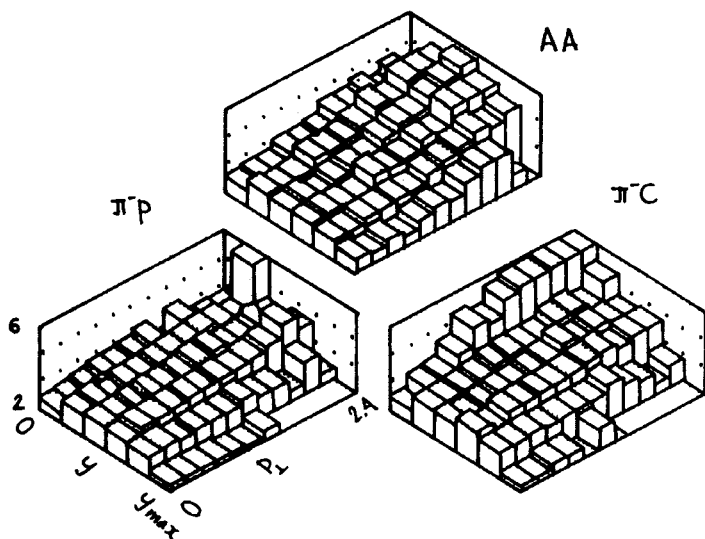


Рис. 5. Зависимость множественности частиц в кластере от y и P_T

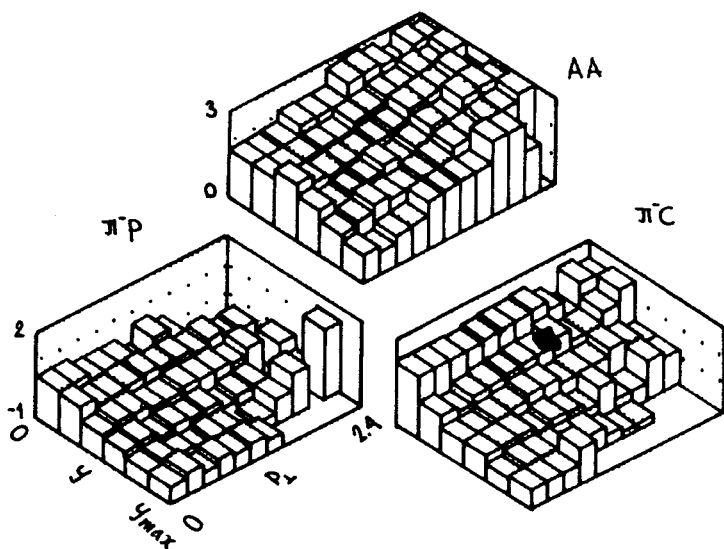


Рис. 6. Зависимость электрического заряда кластера от y и P_T

стях. Наблюдаются «дальнодействующие» корреляции между кластерами из областей фрагментации мишени и налетающей частицы. Их множественности и «температуры» меньше в сравнении с остальными.

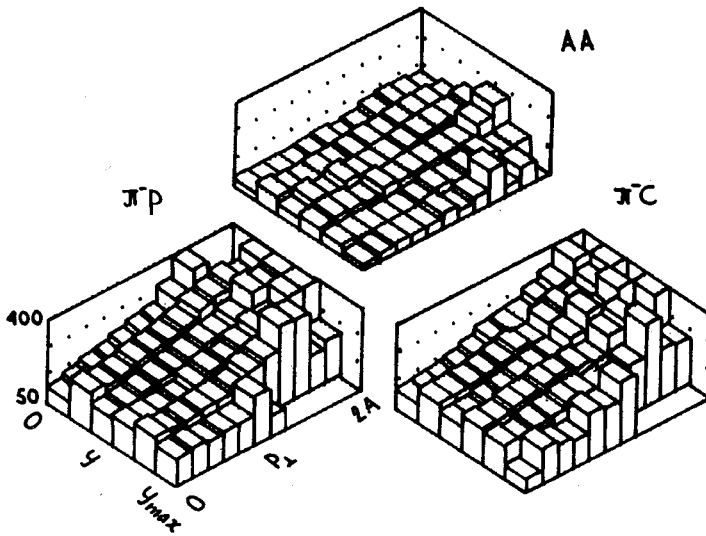


Рис.7. Зависимость кинетической энергии частиц кластера от u и P_1

Литература

1. Ангелов Н., Любимов В.Б., Тогоо Р. — ЯФ, 1991, т.54, с.1316.
2. Angelov N., Lyubimov V.B., Togoo R. — In: X Inter. Seminar on High Energy Physics Problems, Singapore — New Jersey — London — Hong-Kong: World Scientific Publ. Comp. Ltd, 1990, p.117.
3. Ангелов Н., Любимов В.Б., Тогоо Р. — ЯФ, 1992, т.55, с.2953.

Рукопись поступила 17 июня 1994 года.