

UDC 539.1

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНИХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АДРОНОВ ИМЕЮЩИХ МАКСИМАЛЬНОЕ КУМУЛЯТИВНОЕ ЧИСЛО И СОПРОВОЖДАЮЩИХ ИХ ЧАСТИЦ, ОБРАЗОВАННЫХ В СТОЛКНОВЕНИЯХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Л. Н. Абесалашвили, Л. Т. Ахобадзе, В. Р. Гарсеванишвили, Т. Р. Джалагания, Ю.В.Тевзадзе

Институт физики высоких энергий Тбилисского Государственного Университета им. И. Джавахишвили

Аннотация. В работе рассматриваются и анализируются средние кинематические характеристики (скх) адронов (образованных в столкновениях релятивистских ядер) имеющих n_k^{\max} -максимальное кумулятивное число и они сравниваются скх сопровождающих адронов. Показано, что скх-и p^{\max} и p_i^{\max} - адронов (p^{\max} и p_i^{\max} --протоны и мезоны, соответственно ,которые имеют n_k^{\max} в данном событии) существенно отличаются от скх p^{ass} и p_i^{ass} - сопровождающих адронов. p^{ass} и p_i^{ass} - частицы все летят вперёд в Lab-системе - возможно , они образуются из кварков спектаторов, которые проходят ядро без взаимодействия. p^{\max} и p_i^{\max} - частицы (во всяком случае те, которые летят назад в Lab-системе) дают информацию о жестком столкновений другого кварка с флуконом (с многокварковой системой).

Ключевые слова: релятивистские ядра, кварки, флуконы.

Введение

В лептон-лептонных, лептон-адронных, лептон-ядерных, адрон-адронных, адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях для выделения кумулятивных частиц, кумулятивных событий, струй адронов используют кинематическую переменную, которая определяется, как

$$n_k = \frac{(E - p_{\parallel})}{m_N} \quad (1)$$

где, E -энергия, p_{\parallel} -продольный импульс в Lab-лабораторной системе, m_N -масса нуклона.

Определённая таким образом n_k является переменной партонных моделей (или, переменной светового фронта) [1,2,3].

Экспериментальный материал получен на двухметровой пропановой пузырьковой камере РВС-500 Лаборатории Высоких Энергий Объединённого Института Ядерных Исследований (ЛВЭ ОИЯИ, ДУБНА). Камера облучалась пучками лёгких релятивистских ядер p, d, He, C, F, Mg в импульсном интервале (2-10)A GeV/c. Другая часть (MgMg-магний-магний центральные и центральные CСu-углерод-медь соударения) экспериментального материала получена с помощью SKM-200 двухметрового стримерного спектрометра. Детектор облучался на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ (Дубна) пучками Mg-магния (4.5A GeV/c) и C-

углерода (4,3A GeV/c). Вопросы, которые касаются методике обработки и анализа данных рассмотрены в работах [4-11]

а) Средние кинематические характеристики P^{\max} -протонов и P^{ass} -сопровождающих протонов

образованных в СТа-углерод-танталовых и СС- углерод- углеродных соударениях.

Настоящая работа является продолжением исследований начатых в [12,13] и посвящается сравнительному анализу импульсных и угловых характеристик частиц (рождённых в столкновениях релятивистских ядер) , имеющих максимальное кумулятивное число (n_k^{\max}) и сопровождающих частиц.

Введем обозначения: P^{\max} -протоны которые имеют n_k^{\max} (в данном событии), P^{ass} - сопровождающие протоны (в том же событии). p_i^{\max} -мезоны которые имеют n_k^{\max} ; p_i^{ass} - сопровождающие мезоны (в том же событии).

Из каждого события выбирается частица с n_k^{\max} (протон - P^{\max} или , мезон- p_i^{\max}) и сопровождающие частицы - p^{ass} -протоны и p_i^{ass} -мезоны; и сравниваются с кх P^{\max} и p^{ass} -протонов;(а также - p_i^{\max} и p_i^{ass} -мезонов) .

В таблицах приведены с кх протонов - P^{\max} и мезонов - p_i^{\max} имеющих n_k^{\max} максимальное кумулятивное число, а также с кх сопровождающих протонов - p^{ass} и мезонов - p_i^{ass} .

Как видно из Таблицы №1, с кх-и P^{\max} -протонов и сопровождающих p^{ass} -протонов(за исключением поперечных импульсов) существенно отличаются друг от друга:

$$\langle p_L^{\text{ass}} \rangle \text{ GeV}/c \approx 1.5 \langle p_L^{\max} \rangle \text{ GeV}/c; \quad \langle \theta_L^{\max} \rangle \approx 2.2 \langle \theta_L^{\text{ass}} \rangle;$$

p^{ass} - все сопровождающие протоны летят вперёд в Lab-системе – по видимому они

образуются из кварков-спектаторов, которые проходят ядро без взаимодействия. В с кх P^{\max} -протонов чувствуется сильное влияние Та-тантала - тяжелого ядра мишени- $\langle \cos \theta_{NN}^{*\max} \rangle = -0.829 \pm 0.229$; $\langle Y_L^{\max} \rangle = 0.077 \pm 0.006$. P^{\max} -протоны, которые имеют $n_k > 1$, летят назад Lab-системе – произошло жесткое столкновение с многокварковой системой (флуктоном).

Надо отметить что с кх P^{\max} -протонов и сопровождающих протонов - P^{ass} образованных в СС-углерод-углеродных соударениях существенно отличаются не только друг от друга, но и от соответствующих данных СТа- соударений, особенно угловые характеристики

$$\langle \theta_L^{\max}(CTa) \rangle \approx 2 \langle \theta_L^{\max}(CC) \rangle; \quad \langle \theta_L^{\text{ass}}(CTa) \rangle \approx 2.4 \langle \theta_L^{\text{ass}}(CC) \rangle$$

(см. Табл. 1 и 2). Это естественно , так как в NТа-нуклон-танталовых соударениях (при наших энергиях) происходит ≈ 3.2 столкновения (в среднем 3.2 нуклона от ядра Та –тантала принимают участие во взаимодействиях); а в NС-нуклон-углеродных ~ 1.3 нуклонов.

Средние кинематические характеристики (скх) протонов имеющих n_k^{\max} -максимальное кумулятивное число (P^{\max}) и сопровождающих протонов (p^{ass}). (СТа-углерод-танталовое соударение, 4.2AGeV/c).

1	$\langle p_L^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.732±0.025	$\langle p_L^{\text{ass}} \rangle (GeV/c)$	1.114±0.010
2	$\langle p_{\perp}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.484±0.020	$\langle p_{\perp}^{\text{ass}} \rangle (GeV/c)$	0.468±0.006
3	$\langle \theta_L^{\max} \rangle \text{degrees}$	92.83±2.00	$\langle \theta_L^{\text{ass}} \rangle \text{degrees}$	42.34±0.33
4	$\langle Y_L^{\max} \rangle$	0.077±0.006	$\langle Y_L^{\text{ass}} \rangle$	0.633±0.007
5	$\langle \cos \theta_{NN}^{*\max} \rangle$	-0.829±0.029	$\langle \cos \theta_{NN}^{*\text{ass}} \rangle$	0.521±0.006
6	$T_{p^{\max}} (mev)$	170±3	$T_{p^{\text{ass}}} (mev)$	150±2

Таблица №2

Тоже самое, что и в Таблице №1, только для СС-углерод-углеродных соударениях.

СС-соударения(4.2AGeV/c)

1	$\langle p_L^{\max} \rangle (GeV/c)$	1.060±0.016	$\langle p_L^{\text{ass}} \rangle (GeV/c)$	2.228±0.015
2	$\langle p_{\perp}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.488±0.009	$\langle p_{\perp}^{\text{ass}} \rangle (GeV/c)$	0.451±0.005
3	$\langle \theta_L^{\max} \rangle \text{degrees}$	46.78±0.511	$\langle \theta_L^{\text{ass}} \rangle \text{degrees}$	17.60±0.110
4	$\langle Y_L^{\max} \rangle$	0.579±0.011	$\langle Y_L^{\text{ass}} \rangle$	1.305±0.011
5	$\langle \cos \theta_{NN}^{*\max} \rangle$	-0.551±0.010	$\langle \cos \theta_{NN}^{*\text{ass}} \rangle$	0.234±0.003
6	$T_{p^{\max}} (mev)$	120±3	$T_{p^{\text{ass}}} (mev)$	100±1

б) Средние кинематические характеристики p_i^{\max} -мезонов и p_i^{ass} -мезонов образованных в MgMg-магний-магний центральных и СС-углерод-углеродных столкновениях

Средние кинематические характеристики (скх) p_i^{\max} и p_i^{ass} -мезонов образованных в центральных MgMg-соударениях существенно отличаются друг от друга (см.табл. 3)

При сравнении скх в MgMg-соударениях с СС-углерод-углеродными(табл. 4) надо отметить, что средние импульсы мезонов $\langle p_{i,L}^{\max} (MgMg) \rangle$ и $\langle p_{i,L}^{\max} (CC) \rangle$ (а также средние импульсы сопровождающих частиц- $\langle p_{i,L}^{\text{ass}} (MgMg) \rangle$ и $\langle p_{i,L}^{\text{ass}} (CC) \rangle$) не отличаются, но средние поперечные импульсы $\langle p_{\perp,L}^{\max} (MgMg) \rangle$ и $\langle p_{\perp,L}^{\max} (CC) \rangle$, а также средние углы вылета ($\langle \theta_{i,L}^{\max} (MgMg) \rangle$ и $\langle \theta_{i,L}^{\max} (CC) \rangle$) сильно отличаются. Причиной этого может быть является то, что мы анализируем мезоны от

Средние кинематические характеристики p_i -мезонов имеющих n_k^{\max} -максимальное кумулятивное число (p_i^{\max}) и сопровождающих мезонов (p_i^{ass}). MgMg-соударения ,при 4.5A GeV/c.

1	$\langle p_{i,L}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.515±0.001	$\langle p_{i,L}^{ass} \rangle (GeV/c)$	0.646±0.003
2	$\langle p_{i,\perp}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.367±0.009	$\langle p_{i,\perp}^{ass} \rangle (GeV/c)$	0.212±0.002
3	$\langle \theta_{i,L}^{\max} \rangle \text{ degrees}$	73.69±1.050	$\langle \theta_{i,L}^{ass} \rangle \text{ degrees}$	28.51±0.010
4	$\langle Y_{i,L}^{\max} \rangle$	0.345±0.008	$\langle Y_{i,L}^{ass} \rangle$	1.330±0.001
5	$\langle \cos \theta_{i,NN}^{*\max} \rangle$	-0.558±0.012	$\langle \cos \theta_{i,NN}^{*ass} \rangle$	0.181±0.002
6	$T_{i_{\max}} (mev)$	137±1.3	$T_{i_{ass}} (mev)$	77±0.500

Таблица №4

Тоже самое, что и в Таблице №4, но для СС-углерод-углеродных соударении СС-соударения(4.2A GeV/c)

1	$\langle p_{i,L}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.503±0.016	$\langle p_{i,L}^{ass} \rangle (GeV/c)$	0.652±0.015
2	$\langle p_{i,\perp}^{\max} \rangle (GeV/c)$	0.300±0.009	$\langle p_{i,\perp}^{ass} \rangle (GeV/c)$	0.203±0.007
3	$\langle \theta_{i,L}^{\max} \rangle \text{ degrees}$	58.92±1.14	$\langle \theta_{i,L}^{ass} \rangle \text{ degrees}$	26.78±0.39
4	$\langle Y_{i,L}^{\max} \rangle$	0.600±0.019	$\langle Y_{i,L}^{ass} \rangle$	1.405±0.027
5	$\langle \cos \theta_{i,NN}^{*\max} \rangle$	-0.358±0.013	$\langle \cos \theta_{i,NN}^{*ass} \rangle$	0.240±0.008
6	$T_{i_{\max}} (mev)$	51±1	$T_{i_{ass}} (mev)$	38±1

MgMg-центральных соударений, в отличие от СС-углерод-углеродных. Надо отметить, что все p_i^{ass} -мезоны (как в MgMg, так и в СС- соударениях) летят вперёд в Lab-системе, а p_i^{\max} -мезоны -вперёд, только те у которых $n_k^{\max} \leq 2(\langle n_k \rangle)$, а остальные летят назад и дают информацию (сигнал) о жёстком столкновении с мишенью (см. Рис. 1 и 2)

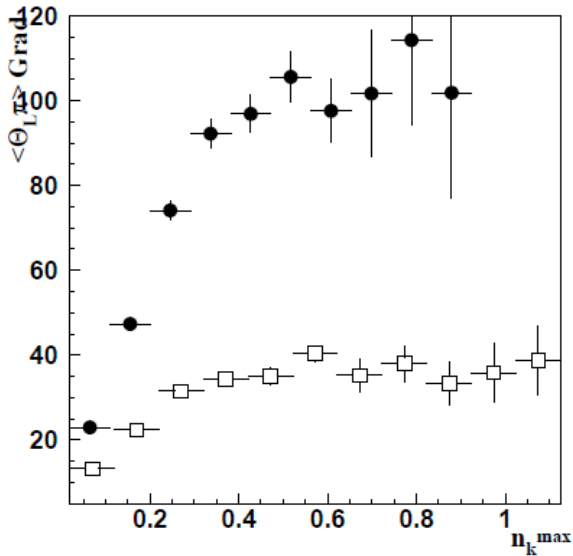


Рис. 1. Зависимость среднего угла вылета π^- мезонов образованных в MgMg-соударениях, от n_k^{\max} . $\langle \theta_{i\perp}^{\max} \rangle$ -●, $\theta_{i\perp}^{ass}$ -□.

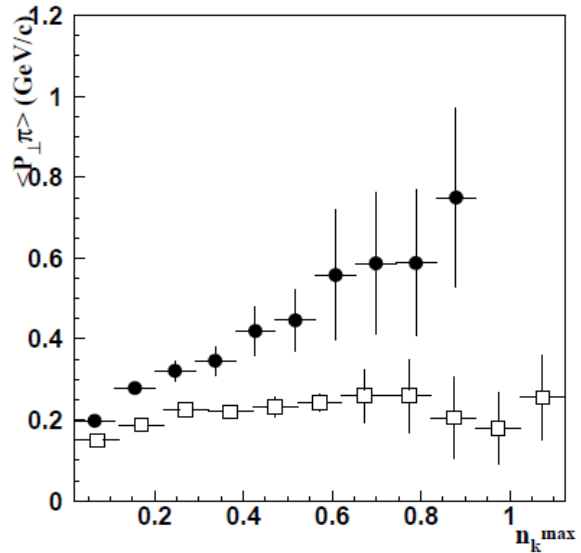


Рис.2. Зависимость среднего поперечного импульса π^- мезонов от n_k^{\max} , образованных в MgMg-соударениях. $\langle p_{i\perp}^{\max} \rangle$ -●, $p_{i\perp}^{ass}$ -□.

в) Зависимость температуры p^{\max} и p^{ass} -протонов, а также p_i^{\max} и p_i^{ass} -мезонов от n_k^{\max} максимального кумулятивного числа

Температура возбуждённой ядерной материи адронов является одним из важнейших канонических параметров, определяющих состояние системы.

Температуру мы оцениваем с использованием распределения по p_{\perp} -поперечному импульсу – метод был предложен Хагедорном [14].

Распределение по p_{\perp} -поперечному импульсу аппроксимировано следующей формулой

$$\frac{dN}{dp_{\perp}} = Ap_{\perp} (E_{\perp} T)^{\frac{1}{2}} \exp(-E_{\perp}/T) \quad (2)$$

Где $E_{\perp} = \sqrt{p_{\perp}^2 + m^2}$ -поперечная энергия

Результаты аппроксимации приведены в таблицах №5 и №6.

Таблица №5

Зависимость T-температуры p^{\max} и p^{ass} -протонов от n_k^{\max}

(СТа- соударения 4.2AGeV/c)

N	n_k^{\max}	$T_{p^{\max}} \text{ (mev)}$	$T_{p^{ass}} \text{ (mev)}$
1	0.1	130±15	90±10
2	0.3	150±5	100±10
3	0.5	150±6	105±5
4	0.7	100±8	107±10
5	0.9	100±7	108±15
6	1.1	100±9	102±3
7	1.3	100±5	107±3

8	1.5	100±4	111±3
9	1.7	150±8	110±4
10	1.9	150±12	109±5
11	2.1	157±8	110±3
12	2.3		100±8

Таблица №6

Тоже самое, что и в Табл №5, только для p_i^{\max} –мезонов и p_i^{ass} -мезонов(MgMg-магний-магний и СCu –углерод-медь центральные соударения)

N	n_k^{\max}	MgMg(4.5AGeV/c)		CCu(4.3AGeV/c)	
		$T_{p_i^{\max}} (mev)$	$T_{p_i^{ass}} (mev)$	$T_{p_i^{\max}} (mev)$	$T_{p_i^{ass}} (mev)$
1	0.1	114±1	70±1	94±1	65±1
2	0.3	139±1	81±1	115±1	75±1
3	0.5	189±2	88±1	162±5	78±1
4	0.7		86±1		96±2
5	0.9		110±2		101±3
6	1.1		111±2		
7	1.3		102±2		
8	1.5		114±2		

Как видно из таблицы №5, функция $\langle T_{p_i^{\max}}(n_k^{\max}) \rangle$ сперва уменьшается, потом в интервале $0.6 \leq n_k^{\max} \leq 1.5$ выходит на плато, а при $n_k^{\max} > 1.5$ снова увеличивается. Зависимость $\langle T_{p_i^{\max}}(n_k^{\max}) \rangle$ ведёт себя так же, как соответствующая зависимость импульсов, $\langle p_L^{\max}(n_k^{\max}) \rangle$ для $A_i A_t$ -соударения [12]. А зависимость $\langle T_{p_i^{ass}}(n_k^{\max}) \rangle$ не зависит от n_k^{\max} и ведёт себя как соответствующая зависимость $\langle p_{\perp}^{ass}(n_k^{\max}) \rangle$ [12].

Что касается зависимости температуры мезонов от n_k^{\max} т.е. $\langle T_{p_i^{\max}}(n_k^{\max}) \rangle$ и $\langle T_{p_i^{ass}}(n_k^{\max}) \rangle$ они приведены в таблице №6. Температуры p_i^{\max} мезонов как правило всегда существенно больше, чем температуры p_i^{ass} - мезонов (как в MgMg- соударениях, так и в СCu- соударениях).

Сравнительный анализ средних кинематических характеристик вторичных частиц, имеющих n_k^{\max} - максимальное кумулятивное число (как протонов- p^{\max} , так и мезонов - p_i^{\max}) и сопровождающих их частиц (как протонов- p^{ass} , так и мезонов - p_i^{ass}) показал:

1. Средние кинематические характеристики p^{\max} -протонов и p^{ass} -протонов существенно отличаются друг от друга – имеют различные механизмы рождения – в характеристиках p^{\max} - протонов чувствуется сильное влияние тяжелого ядра мишени Та- тантала;
2. Средние кинематические характеристики p_i^{\max} - мезонов и p_i^{ass} - мезонов также сильно отличаются друг от друга – чувствуется влияние более тяжелого ядра мишени - Mg-магния;

3. Зависимость температуры p^{\max} - протонов (а так же p_i^{\max} - мезонов) от n_k^{\max} существенно сильнее, чем соответствующая зависимость p^{ass} -протонов и p_i^{ass} мезонов.

Литература

1. А. М. Балдин ОИЯИ, Е-80-545, Дубна, 1980;
2. А. И. Аношин и др. ЯФ, 1982, 36, 409;
3. В. С. Ставинский ЭЧАЯ, 1979, 10, 950;
4. Агакишиев Г. Н. и др. Сообщения ОИЯИ, P1-86-370, Дубна, 1986; P1-89-488, Дубна, 1989
5. Agakishiev H. et. al. JINR, E1-84-448, Dubna, 1984;
6. Агакишиев Г. Н. и др. ЯФ, 1987, 45 1373;
7. Gazdzicki M., Rohrlich D, Z. Phys, C65, 215, 1995;
8. Lu J. J. et al., Phys, Rev. Lett, 46, 898, 1981;
9. Chkhaidze L. et al; Phys. Particles and Fields, 54, 179, 1988
10. Ставинский В. С. ЭЧАЯ, 1979, 10, 949;
11. А. М. Балдин ОИЯИ, Е-80-545, Дубна, 1980;
12. Л. Н. Абесалашвили, ...,Ю. В. Тевзадзе GESJ: Physics 2011, #2(6), 83;
13. Л. Н. Абесалашвили, ...,Ю. В. Тевзадзе GESJ: Physics 2011, #2(6), 57;
14. R. Hagedron, Phys Lett, B97(1980)_ 136

Работа выполнена при частичной поддержке Грузинского национального научного фонда им. Руставели

Article received: 2012-03-24