

**YUQORI ENERGIYALI CU+CU TO'QNASHUVLARDA HOSIL
BO'LGAN PIONLAR, KAONLAR, PROTONLAR VA
ANTIPROTONLAR SPEKTRLARINI FITIRLASH**

Sultanov Mamadali Usanovich

f.-m.f.n., dots., Samarqand davlat universiteti,

Yuldashev Urushbay

f.-m.f.d., prof., Jizzax politexnika instituti

Mustafaqulov Asror Axmedovich

f.-m.f.n., prof., Jizzax politexnika instituti

Annotatsiya .BRAHMS kollaboratsiyasi $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV energiyali relyativistik Cu+Cu to'qnashuvlarda hosil bo'lgan pionlar, kaonlar, protonlar va antiprotonlarning ko'ndalang impuls spektrlarini tezkorlikning $y=0$ va $y=3$ bo'lgan qiymatlarida o'lchagan. To'qnashuv markaziyliги oshib borishi bilan zarralar kollektiv radial oqimi ham osha boradi va kinetik friz-aut temperatura kamayadi. Old tezkorlikda radial oqim sust bo'lib, temperatura pastroq. Ko'ndalang impulsning $1,5 \text{ GeV}/c < p_t < 2,5 \text{ GeV}/c$ intervalida pion va kaonlarning chiqishi shu energiyadagi $p+p$ to'qnashuvlardagiga nisbatan qiyinlashgan. Mazkur ishda tajribada olingan zarralar spektrlari Levi va eksponensial ko'rinishdagi Boltsman funksiyalari bilan fit qilingan. Pionlar spektrlarini Levi funksiyasi bilan, kaon va protonlar spektrlarini Boltsman tipidagi eksponensial funksiya bilan fitlash yaxshi natijalarga olib kelishi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: pion, kaon, prototon, antiproton, kvark, glyuon, plazma, ko'ndalang impuls, temperatura, eksponensial, markaziylik.

Sultanov Mamadali Usanovich

Assoc. Prof., Samarkand State University,

Yuldashev Urushbay

Prof., Jizzakh Polytechnic Institute

Mustafaqulov Asror Akhmedovich

Prof., Jizzakh Polytechnic Institute

FITTING THE SPECTRA OF PIONS, KAONS, PROTONS AND ANTIPROTONS PRODUCING IN CU + CU COLLISIONS AT HIGH ENERGY

Abstract: The BRAHMS collaboration investigated the spectra of pions, kaons, protons, and antiprotons in relativistic Cu + Cu at an energy of $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV/s at the rapidity values $y=0$ and $y=3$. It was found that with an increase in the centrality of collisions, the collective radial flux of particles increases and the freeze-out temperature decreases.

1.5 GeV / c $< p_t < 2.5$ GeV / c, the yield of pions and kaons is suppressed than in p + p collisions at the same energy. In this work, the experimentally obtained particle spectra are fitted by the Levy function and the exponential function of the Boltzmann type. It is shown that the fitted spectra of pions by the Levy function and the spectra of kaons and protons with an exponential function describe the experimental data well.

Keywords: pion, kaon, proton, antiproton, quark, gluon, plasma, transversalmomenrum, temperature, exponential, centrality.

Kirish: Kvant xromodinamikasi (KXD)da vacuum tuzilishidan bog'liq bo'lgan ikkita asosiy muammo mavjud bo'lib, uni faqatagina relyativistik yadro fizikasi hal qila oladi. Bu muammolar: rang zaryadlari konfaynmenti va kiralsimmetriyaning spontan buzilishidir. Konfaynment adron holatlarining kuzatiluvchi spektrida rangli ob'yektlar yo'qligini bildiradi. Adronlar tuzilishi haqidagi kvark-glyuonlar tasavvurlari nuqtai nazaridan qaralganda,

konfaynment - kvark va glyuonlarning 1fm (adronlar o'lchami)dan katta masofalarga tarqala olmasligini anglatadi [1]. Biroq bu tasdiq normal yadro zichligidagina o'rinlidir. Relyativistik yadrolarning to'qnashuvlarida hosil bo'luvchi yuqori zichlikdagi yadro moddasi dekonfaynmentli fazada, ya'ni bitta nuklonga tegishli bo'lgan kvark va glyuonlarning umumlashib qolishi sodir bo'ladi va protonlar to'qnashuvchi yadrolar o'lchami qadar masofalarga tarqalishi mumkin. Kiral simmetriyaning spontan buzlishi quyidagini anglatadi: Kvarklar massasining nolga yaqin bo'lgan chegarasida, KXDda bu chegara u va d kvarklar uchun to'la o'rinli bo'ladi. Chunki $m_{u,d} \ll m_{\pi} \ll m_N$, ularning KXD lagranjianidagi o'ng va chap komponentalar o'zaro farq qiladi va vektor gluonlar o'zaro ta'sirlashuvlari bilan qo'shib ketmaydi. Bu esa fizik holatning juftlik bo'yicha g'alayonlanishiga olib kelishi lozim. Boshqa adronlarga nisbatan deyarli massaga ega bo'lmagan va manfiy ichki juftlikka ega bo'lgan π -mezon mavjudligi sababli KXD vakuumi kiral asimmetrikdir. Shunday qilib, nol temperatura va normal yadro zichliklarida KXD vakuumi konfaynmentlik xususiyatiga ega bo'ladi va buzilgan kiral simmetriya holatida turadi.

Tajriba qurilmasi va natijalarni olish haqida qisqacha ma'lumot

Hozirgi kunda mikroolam fizikasining eng dolzarb muammolari tezlashtirilayotgan yadrolarning energiyasi bir necha TeV ga qadar bo'lgan ulkan kollayderlarda hal etilmoqda. Tuzilishiga ko'ra kollayderlar har xil konstruksiyaviy yechimlarga ega bo'ladi. Kollayderlar ulkan taqiqot majmuasi bo'lib, unda zarralar yoki ionlashtirilgan og'ir yadrolar (Au, Pb, U) tezlatiluvchi orbitaning uzunligi bir necha o'n kilometrgacha yetadi. Odatda kollayderlar bitta halqaga ega bo'lgan ikkita sinxrotrondan iborat bo'lib, unga kirirtiluvchi bir xil zaryadli ionlar qarama-qarshi yo'nalishda tezlashtiriladi va bu dastalarning orbita bo'ylab uchrashuv nuqtalari tajriba qurilmalari – detektorlar o'rnatilgan sohada yuzaga keltiriladi. Qarama-qarshi dastalarni tashkil etgan og'ir ionlar to'qnashuvi natijasida yadroviy reaksiya sodir bo'ladi. Bunday kollayderlardan biri Amerika qo'shma shtatlari Brukxeyven milliy laboratoriyasidagi RHIC

(Relativistic Heavy Ion Collider – relyativistik o'g'ir ion kollayderi) bo'lib, bu kollayderda Cu, Au va Pb yadrolari tezlashtiriladi. RHIC orbitasining uzunligi 3834 m, yadrolarni bir tomonlama tezlatish energiyasi 100 GeV/nuklon bo'lib, u 2000 yilda ishga tushirilgan.

RHIC da oltin (Au) va uran (U) kabi yadrolar har bir nuklonga to'g'ri keluvchi massa markazi energiyasi 200 GeV bo'lgan energiya bilan to'qnashtiriladi [2]. Bunday to'qnashuvlar natijasida partonlardan tashkil topgan, kuchli bog'langan, cho'zilgan, gidrodinamik oqimni namoyon qiluvchi noshaffof sistema (muhit) hosil bo'ladi. Bunday muhit kuchli bog'langan kvark-glyuonlar plazmasi (KGP) deyiladi.

Og'ir ionlar to'qnashuvlarida vujudga kelgan materiya juda qisqa vaqtda mavjud bo'ladi. To'qnashuvdan so'ng u kengayadi va so'ngra barcha partonlarning adronlarga aylanishi (adronizatsiylashuvi) bilan soviydi va ularning ba'zi birlari tajribada detektorlar orqali torlar yoki lider adronlar (masalan, yuqori energiyali π -mezonlar) sifatida qayd qilinishi mumkin. KGP moddasini og'ir ionlar to'qnashuvida hosil bo'lgan namuna zarralar spektrlarini shu energiyadagi $p+p$ to'qnashuvlarida hosil bo'lgan zarralar spektrlari bilan taqqoslash orqali tadqiq qilish mumkin. Tor va lider adronlarni o'lchashda namuna zarracha zich muhitning ilk holatida paydo bo'lgan deb qaraladi. Kuzatiuvchi past energiyali adronlar sistemaning boshlang'ich holati va uning evolyutsiyasi haqida ma'lumot beradi. Bunday kuzatishlarni to'qnashuvda ishtirok etuvchi adronlar N_{part} funksiyasi sifatida sistematik ravishda olib borish $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV energiyali Au+Au to'qnashuvlarda hosil bo'lgan materiya xossalari va holatini tushinib olishda juda muhimdir. Biroq $N_{\text{part}} < 60$ bo'lgan Au+Au periferik to'qnashuvlarda N_{part} ni aniqlashdagi xatolik 20% atrofida bo'lib [3,4], bunda zarralar to'qnashuv sohasini ularning chiqishiga bog'liq bo'lgan har xil ssenariylar bo'yicha tark etishadi.

Zarralar spektrlari va ularni fitirlash

Fizikaviy jihatdan kuzatilayotgan $d+Au$ va $p+p$, $A_{Cu}=63$ bo'lgan $Cu+Cu$ kabi nisbatan kichik sistemalar o'lchamining uzaishi yaxshi ekranlangan periferial $Au+Au$ to'qnashuvlardagi ishtirokchi zarralar miqdori bilan ajratib olinadi. $Cu+Cu$ to'qnashuvlar kesimlaridagi noaniqlik xuddi shunday ishtirokchilar sonidagi $Au+Au$ to'qnashuvlar bilan juda kam solishtirilgan. Massa bo'yicha taqsimotni izotrop deb taxmin qilsak, $Cu+Cu$ markaziy to'qnashuvlarda ekranlashtirish sohasi sferik ko'rinishda bo'ladi. Xuddi shunday ishtirokchi mavjud bo'lgan $Au+Au$ to'qnashuvlardagi sistemaning shakli esa mindal shaklda (pillasimon shaklda) bo'lib, tajriba kuzatishlarida undagi geometrik effektlarni tadqiq qilishga imkon beradi.

Qayd qilingan adronlar bo'yich olingan ko'pgina ma'lumotlar o'rtacha tezkorlik atrofidan olingan. BRAHMS ma'lumotlari ikkala o'rtacha tezkorlik va old sohadagi tezkorliklarda hosil bo'luvchi adronlarni o'rganish, ularning xossalarini solishtirish orqali materiya shakllanishi va har xil kimyoviy shartlar haqidagi bizning bilimlarimizni oshirishning ajoyib yo'lini taklif etadi. $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV energiyali $Cu+Cu$ to'qnashuvlardagi zaryadlangan adronlarning ($\pi^\pm$, $K^\pm$, p , $\bar{p}$) ko'ndalang impuls p_t spektrlari tezkorlikning $y=0$ va $y=3$ qiymatlarida to'qnashuv markaziylikining funksiyasi sifatida o'lchanadi. Natijalar xuddi shunday energiya, tezkorlik va markaziylik (ishtirokchi zarralar soni) ga ega bo'lgan $p+p$ va $Au+Au$ to'qnashuvlarda olingan natijalar bilan solishtirildi.

Elementar $p+p$ va $p+\bar{p}$ to'qnashuvlarda adronlar spektrlari $p_t \sim 2$ GeV bo'lgan hol uchun perturbativ KXD orqali ifodalab beriladi [5-7]. Bu maqolada $Cu+Cu$ to'qnashuvlar bo'yicha keltirilgan ma'lumotlar quyi fizika sohasini hamda yuqori p_t -o'tish fenomenini qamrab olgan. Bu ishda biz bunday o'tishning kelib chiqishini avvalo sistemaning global gidrodinamik xususiyatlarini portlash to'lqini fitlaridan foydalanib o'rganishdan, ikkinchidan har bir zarra turi uchun to'la chiqishni va $\langle p_t \rangle$ o'rtacha ko'ndalang impulsni keltirish, uchinchidan har xil zarralar nisbatini p_t ning funksiyasi sifatida

ko'rsatish va, nihoyat, yadro o'zgarishi (R_{AA}) faktorini p_t va tezkorlik funksiyasi sifatida yig'ish orqali axtariladi.

Cu+Cu sistemada to'qnashuv markaziylikni aniqlash jarayoni ishtirokchi zarralar $\langle N_{part} \rangle$ va ketma-ket to'qnashuvchi nuklonlar $\langle N_{coll} \rangle$ miqdorini qo'llash Au+Au to'qnashuvlar o'rganilgan ish [8] da batafsil bayon etilgan. Jaryon davomida olingan qiymatlar 1-jadvalda keltirilgan. Bu tahlil uchun holatlar 4 ta markaziylik sohasiga bo'lingan: 0-10%, 10-30%, 30-50%, 50-70%. Nominal to'qnashuv nuqtasidan ± 25 sm masofadagi holatlar tanlangan.

1-jadval. Cu+Cu to'qnashuvlar markaziylik sohasi uchun

$\langle N_{part} \rangle$ va $\langle N_{coll} \rangle$ kattaliklar qiymatlari.

Markaziylik	$\langle N_{part} \rangle$	$\langle N_{coll} \rangle$
0-10%	$97 \pm 0,8$	166 ± 2
10-30%	$61 \pm 02,6$	85 ± 5
30-50%	$29 \pm 4,3$	30 ± 6
50-70%	$12 \pm 3,2$	$9.6 \pm 3,2$

Og'ir ionlarning to'qnashuvlarida hosil bo'lgan ikkilamchi zarralarning ko'ndalang impuls p_t spektrini o'lchash partonli muhitning xususiyatlarini namoyon etuvchi bir qator kattaliklarni o'rganishda birinchi va muhim qadam hisoblanadi.

2-jadval. π^+ -mezonlarni Levi funksiyasi bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,35 \text{ GeV}/c < p_t < 2,0 \text{ GeV}/c$ va $y=3$ holatda $0,45 \text{ GeV}/c < p_t < 2,0 \text{ GeV}/c$

	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/ dy) _m	N _m /N	$\langle p_t \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	n ₀	T, MeV
y=0	0-10%	$81,1 \pm 3,1 \pm 5,9$	42,1	0.52	$454 \pm 2 \pm 21$	0,2/9	12,8	172
	10-30%	$48,0 \pm 2,1 \pm 3,5$	24,3	0,51	$445 \pm 4 \pm 21$	0,9/9	11,6	164

	30-50%	21,8±0,5±1, 6	10,8	0,50	438±2±21	0,2/9	11,2	159
	50-70%	8,5±0,40±0, 62	4,0	0,47	418±5±20	2,4/9	10,2	147
y=3	0-10%	33,7±3,5±3, 0	11,2	0,33	401±8±26	12,2/9	17,0	159
	10-30%	18,3±1,9±1, 6	6,6	0,36	424±9±28	16,2/9	19,3	173
	30-50%	9,3±0,88±0, 83	3,1	0,33	403±7±26	7,3/9	16,1	158
	50-70%	3,3±0,70±0 ,29	1,2	0,35	418±14±27	23,0/9	17,9	168

3-jadval. π^- -mezonlarni Levi funksiyasi bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,35 \text{ GeV}/c < p_t < 2,0 \text{ GeV}/c$ va $y=3$ holatda $0,45 \text{ GeV}/c < p_t < 2,0 \text{ GeV}/c$

	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/dy) _m	N _m /N	$\langle p_t \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	n ₀	T, MeV
y=0	0-10%	78,0±3,3±4,9	41,1	0,53	460±4±22	0,9/9	13, 3	176
	10-30%	44,7±1,9±2,8	23,2	0,52	455±5±21	2,1/9	12, 3	170
	30-50%	20,5±0,9±1,3	10,2	0,50	441±3±21	0,5/9	10, 6	158
	50-70%	8,0±0,36±0,51	3,8	0,47	421±4±20	0,7/9	10, 2	148
y=3	0-10%	32,4±3,1±2,9	11,2	0,35	411±8±27	14,5/9	17, 5	164
	10-30%	20,8±1,8±1,8	7,4	0,36	419±8±27	13,9/9	21, 0	173
	30-50%	11,1±1,4±1,0	3,5	0,32	392±9±25	16,8/9	15, 5	152
	50-70%	3,6±0,40±0,32	1,3	0,36	424±8±28	5,2/9	20,	174

							5	
--	--	--	--	--	--	--	---	--

Spektrlarni sistematik ravishda tadqiq qilish har xil funksiyalar bilan fitirlashni talab etadi. Pionlar spektrini $A \cdot \left(1 + \frac{m_T - m_0}{n_0 T}\right) e^{-\frac{m_T}{T}}$ ko'rinishdagi Levi funksiyasi bilan fitirlash yaxshi natija beradi [9-11]. Fitirlash natijalari 2- va 3-jadvallarda keltirilgan.

Kaonlar va protonlar uchun spektrlar $A \cdot m_T e^{-\frac{m_T}{T}}$ ko'rinishdagi Boltsman exponensial funksiyasi bilan fitirlanishi maqsadga muvofiq ekanligi aniqlandi. Boltsman funksiyasi uchun T fitirlash parametrini sistemaning effektiv temperaturasi deb olish mumkin. Levi funksiyasi bilan fitirlash uchun olingan p_t ko'ndalng impuls sohasi Boltsman funksiyasi yordamida p_t bilan fitirlash sohasidan ancha keng bo'lishligi pionlar chiqishini va $\langle p_t \rangle$ ni yaxshiroq aniqlashga imkon beradi.

Fitirlash jarayonida vaznlar statistik xatoliklar kvadratlarining hamda nuqtalardagi sistematik xatoliklarning yig'indisi sifatida olindi. Fitirlash sohasi (oralig'i) fitirlash parametrlari, erkinlik darajalari soni (EDS) va χ^2/EDS qiymatlar pionlar, kaonlar va protonlar uchun 4-7 jadvallarda keltirilgan. Chiqishning yig'indi qiymati dN/dy va ko'ndalang impulsning o'rtacha qiymati $\langle p_t \rangle$ fitirlovchi funksiyani o'lchash chegarasidan tashqarida extropolyatsiya qilish yo'li bilan olindi. dN/dy va $\langle p_t \rangle$ kattaliklarning natijalaridagi dominant noaniqliklar spektrni $p_t=0$ qadar extropolyatsiya qilishdan paydo bo'ladi. Ular fitirlashda funksiyaning har xil shakli hamda p_t ning 1 sohasi bilan baholanadi. Pionlar va kaonlar uchun $p_t=0$ qadar extropolyatsiya qilish $y=3$ holatda $y=0$ bo'lgandagi holatga nisbatan ancha sezilarli. Chunki p_t sohasining quyi chegarasi $y=3$ holatdagiga nisbatan ancha yuqori. Bu effekt old spektrlardagi sistematik noaniqliklarni oshiradi. Chiquvchi zarralarning bir qismi BRAHMSda spektrometr ulanishi va zarralar turiga bog'liq holda 30-75% atrofida qayd qilinadi.

O'rtacha tezkorlik va old tezkorlik ma'lumotlari uchun bir vaqtda pion, kaon, proton va antiprotonlar spektrlari bir vaqtda uchta parameter: T_{kin} , β_s va α bilan fitirlash bajarildi. Normallashtirish parametri ma'lumotlar yiqindisini fitirlash orqali olindi. Reazonaslardan hosil bo'luvchi va impulsi 0,4 GeV/c dan past bo'lgan zarralar hisobga olinmadi, chunki ular tufayli sodir bo'luvchi effektlar deyarli sezilmaydi. Fitirlash sohasi pionlar uchun $p_t < 1,8$ GeV/c, kaonlar uchun $p_t < 2,0$ GeV/c, protonlar uchun $p_t < 3,0$ GeV/c.

4-jadval. K^+ -mezonlarni m_T ga bjg'liq exponensial funkiya bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,45 \text{ GeV/c} < p_t < 2,0 \text{ GeV/c}$ va $y=3$ holatda $0,75 \text{ GeV/c} < p_t < 2,5 \text{ GeV/c}$

	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/dy) _m	N _m /N	$\langle p_t \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	T, MeV
y=0	0-10%	12,3±0,32±0,89	7,6	0,62	674±10±22	1,6/7	277
	10-30%	6,9±0,01±0,50	4,2	0,61	663±7±21	0,9/7	271
	30-50%	2,8±0,02, ±0,20	1,7	0,62	663±7±21	3,9/7	273
	50-70%	1,0±0,05±,0,12	0,6	0,59	625±14±20	3,4/7	251
y=3	0-10%	4,6±0,29±0,36	1,3	0,27	611±14±20	4,1/4	244
	10-30%	3,0±0,20±0,23	0,78	0,26	594±19±19	5,8/4	235
	30-50%	1,4±0,11±0,11	0,34	0,25	577±20±18	5,7/4	226
	50-70%	0,39±0,05±0,03	0,10	0,26	600±27±19	5,4/4	238

5-jadval. K^- -mezonlarni m_T ga bog'liq exponensial funkiya bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,45 \text{ GeV/c} < p_t < 2,0 \text{ GeV/c}$ va $y=3$ holatda $0,75 \text{ GeV/c} < p_t < 2,5 \text{ GeV/c}$

	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/dy) _m	N _m /N	$\langle p_t \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	T, MeV
y=0	0-10%	11,2±0,23±0,71	7,2	0,64	6829±22	2,0/8	282
	10-30%	6,1±0,15±0,38	3,9	0,64	683±12±22	4,3/8	282
	30-50%	2,5±0,08±0,16	1,6	0,63	677±26±22	11,4/8	279

	50-70%	$0,7 \pm 0,02 \pm 0,10$	0,5	0,64	$685 \pm 28 \pm 22$	10,8/8	283
y=3	0-10%	$3,9 \pm 0,02 \pm 0,30$	0,96	0,25	$569 \pm 12 \pm 18$	5,5/5	222
	10-30%	$2,2 \pm 0,12 \pm 0,17$	0,57	0,26	$580 \pm 10 \pm 19$	4,4/5	227
	30-50%	$1,0 \pm 0,05 \pm 0,08$	0,24	0,23	$551 \pm 12 \pm 18$	4,8/5	213
	50-70%	$0,34 \pm 0,02 \pm 0,03$	0,08	0,25	$572 \pm 12 \pm 18$	1,5/5	223

6-jadval. Protonlarni m_T ga bog'liq eksponensial funksiya bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,55 \text{ GeV}/c < p_T < 2,0 \text{ GeV}/c$ va $y=3$ holatda $0,45 \text{ GeV}/c < p_T < 2,5 \text{ GeV}/c$

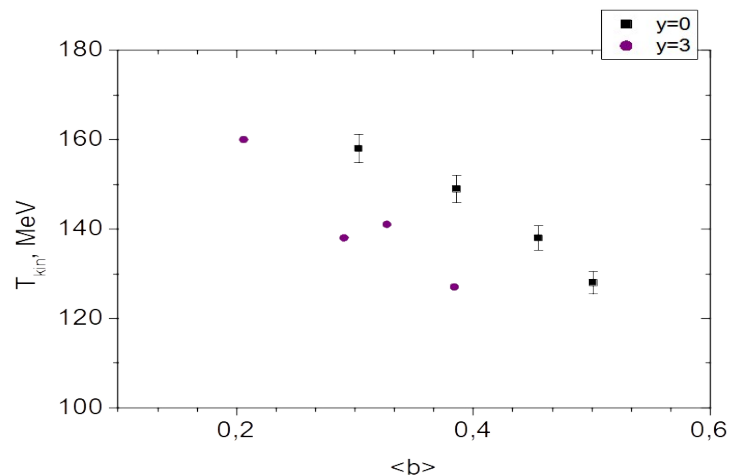
	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/dy) _m	N _m /N	$\langle p_T \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	T, MeV
y=0	0-10%	$8,1 \pm 0,03 \pm 0,51$	5,7	0,70	$896 \pm 18 \pm 29$	9,1/9	332
	10-30%	$4,7 \pm 0,10 \pm 0,29$	3,2	0,69	$874 \pm 9 \pm 28$	1,9/9	320
	30-50%	$2,1 \pm 0,05 \pm 0,13$	1,4	0,67	$831 \pm 14 \pm 27$	6,4/9	296
	50-70%	$0,7 \pm 0,03 \pm 0,05$	0,46	0,64	$784 \pm 25 \pm 25$	12,3/9	271
y=3	0-10%	$7,0 \pm 0,03 \pm 0,44$	5,1	0,74	$775 \pm 13 \pm 25$	10,3/10	266
	10-30%	$4,3 \pm 0,11 \pm 0,27$	3,2	0,73	$761 \pm 16 \pm 24$	12,4/10	259
	30-50%	$2,0 \pm 0,07 \pm 0,12$	1,4	0,71	$737 \pm 38 \pm 24$	23,2/10	247
	50-70%	$0,76 \pm 0,04 \pm 0,05$	0,54	0,70	$712 \pm 57 \pm 23$	30,7/10	234

7-jadval. Antiprotonlarni m_T ga bog'liq eksponensial funksiya bilan fitirlash natijalari. Fitirlash sohasi $y=0$ holatda $0,55 \text{ GeV}/c < p_T < 2,0 \text{ GeV}/c$ va $y=3$ holatda $0,45 \text{ GeV}/c < p_T < 2,5 \text{ GeV}/c$

	Marka- ziylik	dN/dy	(dN/dy) _m	N _m /N	$\langle p_T \rangle$, MeV	χ^2 / EDS	T, MeV
y=0	0-10%	$6,0 \pm 0,17 \pm 0,38$	4,3	0,70	$906 \pm 38 \pm 29$	15,9/9	338
	10-30%	$3,5 \pm 0,11 \pm 0,22$	2,4	0,69	$880 \pm 12 \pm 28$	3,9/9	323
	30-50%	$1,5 \pm 0,04 \pm 0,10$	1,0	0,68	$839 \pm 16 \pm 27$	7,7/9	300
	50-70%	$0,6 \pm 0,02 \pm 0,04$	0,38	0,64	$781 \pm 22 \pm 25$	10,9/9	269
y=3	0-10%	$1,2 \pm 0,04 \pm 0,07$	0,73	0,62	$750 \pm 20 \pm 24$	11,7/9	254
	10-30%	$0,86 \pm 0,04 \pm 0,05$	0,53	0,61	$731 \pm 31 \pm 23$	17,1/9	244
	30-50%	$0,37 \pm 0,01 \pm 0,02$	0,22	0,60	$719 \pm 27 \pm 23$	14,2/9	238

	50-70%	$0,15 \pm 0,01 \pm 0,01$	0,09	0,57	$685 \pm 42 \pm 22$	18,2/9	221
--	--------	--------------------------	------	------	---------------------	--------	-----

1-rasmda tezkorlikning ikkala qiymatidagi ($y=0$ va $y=3$) markaziy to'qnashuvlar uchun kinetik temperatura T_{kin} va o'rtacha ko'ndalang tezlik $\langle\beta\rangle = \frac{2}{\alpha+2} \cdot \beta_s$ o'rtasidagi korrelyatsiyasi keltirilgan. To'qnashuv markaziyliги oshishida $\langle\beta\rangle$ oshish borishi bilan T_{kin} ning pasayib borishi kuzatiladi. Bu esa keng (cho'zilgan) tizim ko'proq vaqt qolishligini anglatadi. Sistema protonlarning tasodifiy termal harakatlari oqibatida sovushligi sababli ular temperaturasini yo'qotish bilan hajmiy radial oqimga o'tadi va o'rtacha tezlikni oshiradi.



1-rasm. $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV energiyali Cu+Cu to'qnashuvlarda portlash to'lqini fit parametrlari kinetik energiya T_{kin} va o'rtacha ko'ndalang tezlik $\langle\beta\rangle$ o'rtasidagi bog'lanish.

$y=0$ va $y=3$ holatlarda T_{kin} chiziqlari o'xshash bo'lsada, $\langle\beta\rangle \sim 0,3$ qiymatida ($y=3$) biroz aks holat paydo bo'lib, bu temperturaning taxminan 20 MeVga qadar past ekanligini va $y=3$ bo'lganda zarralar zichligining past bo'lishi ehtimoli borligini ko'rsatadi. Berilgan dN/dy uchun T_{kin} va $\langle\beta\rangle$ kattaliklar $y=3$ bo'lganda kichik (kichik energiya qayd qilinadi) bo'lib, old tezkorlikdagi

materiyani ifodalaydi. Cu+Cu va Au+Au reaksiyalarda dN/dy o'zgaruvchining T_{kin} va $\langle\beta\rangle$ kattaliklarga bog'liqligi juda o'xshash bo'lib, kinetik energiya biroz yuqori va o'rtacha tezlik biroz pastligi bilan farq qiladi.

Xulosa: $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV energiyali Cu+Cu to'qnashuvlardagi zaryadlangan adronlarning ($\pi^\pm$, $K^\pm$, p, $\bar{p}$) ko'ndalang impuls p_t spektrlari $A \cdot (1 + \frac{m_T - m_0}{n_0 T}) e^{-\frac{m_T}{T}}$ ko'rinishdagi Levi funksiyasi hamda $A \cdot m_T e^{-\frac{m_T}{T}}$ ko'rinishdagi Boltsman exponensial funksiyasi bilan juda yaxshi fitirlanadi (ifodalanadi). Zarralar soni N_{part} oshib borishi bilan T_{kin} tempertura kamayadi va $\langle\beta\rangle$ tezilik oshib boradi. Berilgan $\langle\beta\rangle$ uchun T_{kin} kinetik energiya $y=3$ holatda $y=0$ holatga nisbatan 15-20 MeV pastroq. Berilgan N_{part} uchun kaonlar dN/dy qiymati Cu+Cu to'qnashuvlarda Au+Au to'qnashuvlarga nisbatan bir muncha kichik.

Cu+Cu to'qnashuvlarda pionlar va kaonlarning chiqishi p+p to'qnashuvlarga nisbatan anchayin qiyinlashgan. To'qnashuv markaziyiligi oshishi bilan bu qiyinlashish ham kuchayib boradi. Bu hodisa ayniqsa old tezkorlikda yaqqol kuzatiladi.

Adabiyotlar

1. Емельянов В.М., Тимошенко С.Л., Стриханов М.Н. Введение в релятивистскую ядерную физику. М., Физматлит-2004
2. Kh.Olimov et al. Average transverse expansion velocities and global freeze-out temperatures in central Cu + Cu, Au + Au, and Pb + Pb collisions at high energies at RHIC and LHC. Modern Physics Letters A. Vol. 35, No. 14 (2020) 2050115 (25 pages).
3. S.Adler et al. (PHENIX), Phys.Rev. C69,034909 (2004).
4. A.Adare et al. (PHENIX), Phys.Rev. C88, 024906 (2013).
5. F.Abe et al. (CDF), Phys.Rev.Lett. 61, 1819 (Oct. 1988).
6. S.S.Adler et al. (PHENIX Collaboration), Phys.Rev. C69, 0344910 (Mar.2004).

7. A.Adare et al. (PHENIX Collaboration), Phys.Rev. D 76, 051106 (Sep.2007).
8. J.Adams et al. (STAR), Phys.Rev. C71, 064902, (2005).
9. A.Adare et al. (PHENIX), Phys.Rev. D83, 052004, (2011).
10. M.U.Sultanov, A.N.Jumanov, A.A.Usarov, Q.Kh.Yakhshiboyev, A.I.Suvanov. Fitting the spectra of pions, kaons, protons, and antiprotons in relativistic Cu+Cu collisions. International Virtual Conference on Science, Technology and Educational Practices. Hosted from Gorontalo, Indonesia. February 20 th – 21 th 2021.
11. M.U.Sultanov, U.Yuldashev, A.A.Usarov, G.Yu.Nodirov, O.J.Jalilov, K.O.Pirmatova, F.B.Tugalov. Some Important Aspects of CC-Interactions at a momentum of 4.2 GeV/c per Nucleon. Annals of R.S.S.B., ISSN: 1583-6258, Vol.25, Issue 4, 2021, Pages 6245-6253. Received 05 March 2021; Accepted 01 April 2021.