ISSN 1512-1461

ექსპერიმენტული კვლევები რელატივისტურ ბირთვულ ფიზიკაში

ლიანა აბესალაშვილი

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახ. უნივერსიტეტის მაღალი ენერგიების ინსტიტუტი

<u>რეზიუმე</u>

რელატივისტურ ენერგიებზე (p,d,He,C)(C,Ta) დაჯახებებში (4.2,10)AGeV/c იმპულსების ინტერვალში გაანალიზებულია რბილ და ხისტ პროცესებში დაბადებული π^- – მეზონების და პროტონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები (სკმ).

ნაჩვენებია, რომ რელატივისტურ ენერგიებზე ბირთვ–ბირთვული დაჯახებების დროს Nc^{max}_ მაქსიმალური კუმულაციური რიცხვის მქონე პროტონების რაოდენობა არ არის დამოკიდებული არც დამცემი და სამიზნე ბირთვების მასებზე და არც პირველად ენერგიაზე, დამოკიდებულია მხოლოდ n_C^{max}–ზე.

ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში რელატივისტურ ენერგიებზე დაბადებული კუმულაციური პროტონების განაწილებები შესწავლილია Y-სისწრაფეთა სივრცეში და შემოწმებულია ახლოქმედების კორელაციების პირობა $\Delta Y=|Yi-Yj|<2$. ადრონ–ადრონული და ადრონ–ბირთვულ დაჯახებებში დაბადებული π–მეზონებისა და დამუხტული ნაწილაკების მრავლობითობის განაწილებები შესწავლილია გლუონური დომინანტობის მოდელით. თანამედროვე თეორიული წარმოდგენების თანახმად A_iA_t - ბირთვ–ბირთვული ხისტი დაჯახებების შედეგად წარმოქმნილი q–კვარკის ადრონიზაცია შეიძლება მოხდეს ერთ ან რამდენიმე კუმულაციურ ნაწილაკად, რომლებიც ქმნიან ბირთვის გარეთ jet–კუმულაციურ ჭავლებს. კუმულაციური პროტონების წარმოქმნა დაკავშირებულია ბირთვში მრავალკვარკიანი სისტემის – ფლუქტონის წარმოქმნასთან. ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს წარმოქმნილი ჭავლების კუთხურ გაფართოებას და იმპულსური სპექტრის შერბილებას --- ჭავლების ჩაქრობის ეფექტს. შევისწავლეთ რა jet-კუმულაციური ჭავლებისა და მათი თანმხლები ნაწილაკების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში, ვაკეთებთ დასკვნას, რომ ადგილი აქვს ჭავლების ჩაქრობის ეფექტს.

<u>ძირითადი სიტყვები:</u> კუმულაციური ნაწილაკები და ჭავლები, π^- – მეზონები, კვარკები, ფლუქტონები, სისწრაფეთა სივრცე, ხისტი და რბილი პროცესები.

ექსპერიმენტული გამოკვლევები რელატივისტურ ბირთვულ ფიზიკაში შესაძლებელი გახდა იმის გამო, რომ ჯერ ერთი, მწყობრში ჩადგნენ ამაჩქარებლები რელატივისტური ბირთვების მონოენერგეტიკული ნაკადებით (ჯერ ქ.დუბნაში – ბკგი–ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტი, *Dubna, JINR*, შემდეგ – *აშშ (ბერკლი), აშშ (ბრუკჰევენი), ცერნი – CERN (შვეიცარია)* და *საფრანგეთი (საკლე))* და მეორე (რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია) იმ ფუნდამენტური მოსაზრებებით, რომელთა თანახმად ბირთვულ დაჯახებებში ლაბორატორიულ პირობებში ბირთვული მატერია

ISSN 1512-1461

შეიძლება მიღებულ იქნას გაცილებით მაღალი სიმკვრივით და ტემპერატურით, ვიდრე ეს ნორმალურ (ნუკლონურ) მდგომარეობას ახასიათებს. ეს კი საშუალებას იძლევა შევისწავლოთ ბირთვული მატერიის მდგომარეობის განტოლება თერმოდინამიკური ცვლადების ფართო ინტერვალში.

რელატივისტური ბირთვების დაჯახებების შედეგად მიღებული რეაქციების (მრავალნაწილაკოვანი მდგომარეობის) შესასწავლად შექმნილია სხვადასხვა მოდელები, რომელთა შესამოწმებლად საჭიროა სტატისტიკურად უზრუნველყოფილი ექსპერიმენტული მასალა. საჭიროა ისეთი სიდიდეების შესწავლა და გაზომვა, როგორებიცაა: ბირთვების ბირთვებთან ურთიერთქმედების კვეთა, იმ ნუკლონების რაოდენობა ბირთვებიდან, რომლებიც მონაწილეობას იღებენ ურთიერთქმედებაში, სხვადასხვა ტიპის მეორადი ნაწილაკების საშუალო მრავლობითობა (ენერგიისა და ბირთვების მასებისაგან დამოკიდებულებით), იმპულსური და კუთხური განაწილებები, ტემპერატურა.

ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში საინტერესოა ე. წ. ცენტრალური დაჯახებების შესწავლა — უფრო ზუსტად ცენტრალურ დაჯახებებში დაბადებული მეორადი ნაწილაკების მახასიათებლების შესწავლა. ცენტრალურად ითვლება დაჯახება, სადაც მეორად ნაწილაკებს შორის არ არის არც ერთი სტრიპინგული ნაწილაკი — ნაწილაკი, რომელიც არ იღებს მონაწილეობას ურთიერთქმედებაში.

თუ ცენტრალურია ურთიერთქმედება, მაშინ ამ ურთიერთქმედებაში დაბადებული მეორადი ნაწილაკების საშუალო მახასიათებლები მკვეთრად უნდა განსხვავდებოდნენ მეორადი ნაწილაკების მახასიათებლებიდან, რომლებიც დაიბადნენ არაცენტრალურ დაჯახებებში. დაჯახების ცენტრალურობა თუ არაცენტრალურობა კარგად უნდა გამოჩნდეს დამცემი ნაწილაკის (ბირთვის) მძიმე სამიზნესთან ურთიერთქმედებების დროს. დაჯახების ცენტრალურობა გარკვეულად დამოკიდებული იქნება დამცემი ჰადრონის (ბირთვის) მასურ რიცხვზე.

სამიზნის ეფექტის გამოსავლენად შეიძლება შევადაროთ ერთი და იგივე პირველად ენერგიებზე ცენტრალური დაჯახებების მახასიათებლები მსუბუქ და მძიმე სამიზნეებთან ურთიერთქმედებებში.

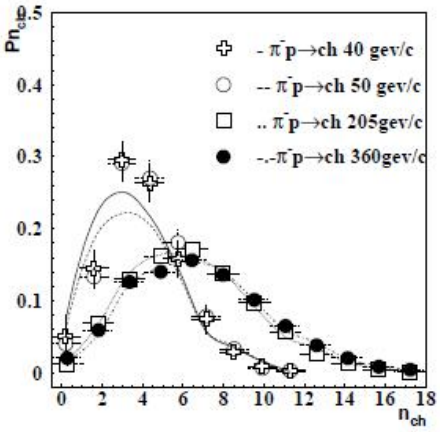
ზემოთ ჩამოთვლილი ამოცანები, პრობლემები, შევისწავლეთ ექსპერიმენტული მასალის საშუალებით, რომელიც მიღებულია ქ. დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის ვექსლერისა და ბალდინის სახელობის მაღალი ენერგიების ლაბორატორიაში. ამ ლაბორატორიის ამაჩქარებელზე პროპანის *2*–მეტრიანი ბუშტოვანი (*PBC-500*)და სტრიმერული (*SKM-200*) კამერა დასხივებულ იქნა *p, d, He, C, Mg* - პროტონების, დეიტონების, ჰელიუმის, ნახშირბადის და მაგნიუმის რელატივისტური ბირთვებით. სამიზნეები არიან — მსუბუქი ნივთიერება – *C* – ნახშირბადი და მძიმე ნივთიერება - *Ta* - ტანტალი.

გამოვიყენეთ აგრეთვე ექსპერიმენტული მასალა, რომელიც მიღებულია პროპანის 2–მეტრიანი ბუშტოვანი კამერის *(PBC-500) 40 გევ*–იანი π^- – მეზონების ნაკადების დასხივებით ქ. სერპუხოვოს (პროტვინო) მაღალი ენერგიების ინსტიტუტის *70 გევ*–იან ამაჩქარებელზე.

ექსპერიმენტული მონაცემები მიუთითებენ, რომ მსუბუქი ბირთვების (ნახშირბად–ნახშირბადის *4.2AGeV/c*) ცენტრალურ დაჯახებებში ბირთვული მატერიის სიმკვრივე ახლოს არის *qg*-კვარკ–გლუონურ პლაზმაში გადასვლასთან ე. ი. ლაბორატორიულ პირობებშიც (არც თუ ისე მაღალი პირველადი ენერგიების დროს) შეიძლება მივიღოთ მაღალი სიმკვრივის ბირთვული მატერია.

ISSN 1512-1461

ადრონ–ადრონულ და ადრონ–ბირთვულ დაჯახებებში დაბადებული π–მეზონებისა და დამუხტული ნაწილაკების მრავლობითობის განაწილებები შესწავლილია გლუონური დომინანტობის მოდელით [1,2]. ამ პროცესებში მრავლობითი დაბადება აღწერილია კვარკ–გლუონური მიდგომის ბაზაზე ფენომენოლოგიური ადრონიზაციის გამოყენებით. მიღებულია გლუონური დომინანტობის მოდელის თანხმობა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან ენერგიის ფართო არეში (ნახ. 1).



ნახ.1. დამუხტული ნაწილაკების მრავლობითობების განაწილება π p (40, 50, 205, 360) GeV/c იმპულსებზე. მრუდები არის ექსპერიმენტული მონაცემების (გდმ)–ით აღწერა.

ამასთან დაკავშირებით შევისწავლეთ $\langle n \rangle$ – მეორადი ნაწილაკების საშუალო მრავლობითობის დამოკიდებულება ურთიერთქმედებაში მონაწილე p – პროტონების, n - ნეიტრონების და N - ნუკლონების რიცხვისაგან. R_p– პროტონების, R_n - ნეიტრონების და N_A - ნუკლონების (ურთიერთქმედებაში მონაწილე – პროტონების, ნეიტრონების და ნუკლონების) რაოდენობა განისაზღვრება მოდელურად — დაჯახებებში დამოუკიდებლად ურთიერთმოქმედი მოდელის ფარგლებში. გამოსახულებები R_p , R_n და N_A მიღებულია იმ დაშვებით, რომ ნუკლონებს გააჩნიათ მკაცრად განსაზღვრული რადიუსი [3]. ურთიერთქმედებაში მონაწილე პროტონების რაოდენობა ასე განისაზღვრება

$$R_p = (Z_i A_t^{2/3} + Z_t A_i^{2/3}) / (A_i^{1/3} + A_t^{1/3})^2 \qquad (1)$$

R_n - ურთიერთქმედებაში მონაწილე ნეიტრონების რაოდენობა ასე განისაზღვრება

$$R_n = (N_i A_t^{2/3} + N_t A_i^{2/3}) / (A_i^{1/3} + A_t^{1/3})^2 \qquad (2)$$

N_A - ნუკლონების სრული რაოდენობა კი ასე

$$N_A = (A_i A_t^{2/3} + A_t A_i^{2/3}) / (A_i^{1/3} + A_t^{1/3})^2 \qquad (3)$$

A_i - დამცემი ბირთვის მასური რიცხვია, A_t - სამიზნე ბირთვის მასური რიცხვი.

$\langle n(R_p) \rangle$ – საშუალო მრავლობითობის დამოკიდებულება R_p - ურთიერთქმედებაში მონაწილე პროტონებისაგან შესწავლილია შედარებით დაბალ ენერგიებზე (როცა P_N - ერთ ნუკლონზე მომავალი ენერგია $\leq 1.0 GeV$) [4]. ჩვენ იგივე საკითხს შევისწავლით *(p, d,*

ISSN 1512-1461

He, C)(C, Ta) - პროტონების, დეიტონების, ჰელიუმის, ნახშირბადის ბირთვების დაჯახებებით მსუბუქ *(C)* და მძიმე *(Ta)* ბირთვებთან იმპულსებით *4.2AGeV/c.* ე. ი. შეისწავლება $<n(R_p)>$, $<n(R_n)>$ და $<n(N_A)>$ დამოკიდებულებები და ხდება მათ ანალიზი [5]. საინტერესოა ენერგიის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს თუ არა <n(R)> - დამოკიდებულების წრფივობიდან გადახრას — საინტერესოა რა როლს თამაშობს ამ პროცესში მრავალი ნაწილაკის დაბადება ან პირველადი ენერგია?

ჰადრონ–ბირთვულ და ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში მეორად ნაწილაკებს შორის არიან ნაწილაკები, რომელთა *სკმ* – საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები არ ემორჩილებიან *NN* - ნუკლონ–ნუკლონის კინემატიკას – იბადებიან ე. წ. კუმულაციური ნაწილაკები ნახ. *1*[ა] [5–6]. კუმულაციური ნაწილაკების დაბადება დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების ლოკალურ თვით

ფლუქტუაციასთან, რაც გამოიხატება იმაში, რომ სამიზნის 2 ან რამდენიმე ნუკლონი (დროის ძალიან მცირე შუალედში) ქმნის ერთიან სისტემას – *FL* –ფლუქტონს, რომლის ზომაა ~ $1F=10^{-13}$ *სმ. FL*–ფლუქტონზე გაბნევის შედეგად მიიღებიან კუმულაციური ნაწილაკები (*p*–პროტონები და π –მეზონები), რომლებიც ბირთვიდან გამოდიან მეორადი ურთიერთქმედების გარეშე და ქმნიან *Jet*-ჭავლებს. ჭავლები არის კუმულაციური ნაწილაკების (მაგ. *p*–პროტონების) ერთობლიობა, რომლებიც მიფრინავენ ერთი მიმართულებით ვიწრო კონუსში. თანამედროვე თეორიული წარმოდგენების თანახმად ხისტი დაჯახების შედეგად დაბადებული პარტონის (კვარკის) ადრონიზაციის შედეგად მიიღებიან კუმულაციური ნაწილაკები, რომლებიც ქმნიან *Jet*-ჭავლებს [5,6]. *Jet*-ჭავლებში შემავალ ნაწილაკებს გააჩნიათ დაახლოებით ერთი და იგივე საშუალო იმპულსი და გაბნევის საშუალო კუთხე. კუმულაციურად ითვლება პროტონი, რომლის კუმულაციური რიცხვი

$$n_c > 1 \quad (n_c = \frac{(E - p_{\parallel})}{m_N}) \qquad (4)$$

სადაც E არის სრული ენერგია ლაბ. სისტემაში, P_{II} – გასწვრივი იმპულსი და m_N – ნუკლონის მასა [7].

თუ მეორად ნაწილაკებს შორის არის თუნდაც ერთი P_k კუმულაცირი პროტონი, შემთხვევა (ურთიერთქმედება) ითვლება ხისტად — Nev^H და თუ არაა შემთხვევაში კუმულაციური პროტონი შემთხვევა (ურთიერთქმედება) ითვლება რბილად — Nev^S.

საინტერესოა Nev^H – ხისტ და Nev^S– რბილ შემთხვევებში წარმოქმნილი ნაწილაკების *სკმ* – ის შედარება. რა გავლენას ახდენს P^k - კუმულაციური ნაწილაკები მასთან ერთად დაბადებულ არაკუმულაციურ ნაწილაკებზე ნახ. (1[ა], 2) [8].

რელატივისტურ ენერგიებზე სამიზნე ბირთვი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც სამი სამიზნისაგან შემდგარი სისტემა — პირველადმა დამცემმა ნაწილაკმა შეიძლება ურთიერთქმედება მოახდინოს ნუკლონთან, ნუკლონის ნაწილებთან — კვარკებთან და ნუკლონების გროვასთან — *FL* - ფლუქტონთან. საინტერესოა ფლუქტონის დაბადებაში მთავარ როლს დამცემი ბირთვი თამაშობს თუ მძიმე სამიზნე?

საინტერესოა ე. წ. „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზის შემოწმება – *Hypothesis of "soft" decoloration,* რაც გამოიხატება იმაში, რომ კუმულაციური ნაწილაკების *სკმ*–ი არ არიან დამოკიდებული არც A_i - დამცემი ნაწილაკის (ბირთვის) და არც A_t - სამიზნე

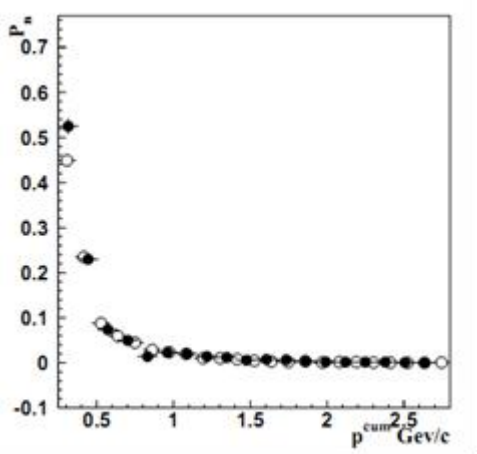
ISSN 1512-1461

ბირთვის მასაზე და ენერგიაზე.

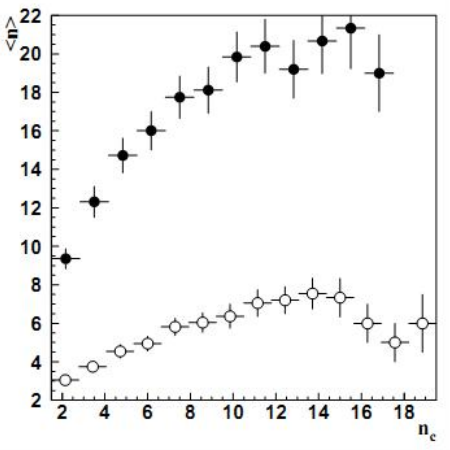
ნაშრომში [9] შესწავლილია ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში კუმულაციური პროტონების დაბადების მექანიზმი. შეისწავლება *pTa*-პროტონ-ტანტალის (*10GeV/c*), *CC*-ნახშირბად-ნახშირბადის (*4.2AGeV/c*), *CTa*-ნახშირბად-ტანტალის (*4.2AGeV/c*) რელატიური იონების დაჯახებებში დაბადებული p^{cum} -კუმულაციური პროტონების მახასიათებლები. ანალიზი ჩატარებულია ე. წ. „ცივი“ და „ცხელი“ მოდელების საფუძველზე, რომლებიც დაკავშირებულები არიან ე.წ. ფლუქტონების (მკვრივი კვარკული გაერთიანება) წარმოქმნასთან სამიზნე ბირთვში. ექსპერიმენტული მონაცემები *CTa* და *CC*- დაჯახებებში შედარებულია *QGSM*-კვარკ-გლუონურ-სიმური მოდელის შედეგებთან.

მაშასადამე, ბირთვული მატერიის შეკუმშვით ან გაცხელებით შეიძლება ადგილი ქონდეს მატერიის მდგომარეობის (ბირთვული ფაზის) გადასვლას კვარკ-გლუონურ პლაზმაში (*კგპ*). ამ მდგომარეობაში *q*-კვარკები და *g*-გლუონები ქმნიან ერთიან მაკროსკოპულ მოცულობას, რომელშიც ისინი მოძრაობენ თავისუფლად. *კგპ*–ის მდგომარეობა შეიძლება შეიქმნას მხოლოდ ექსტრემალურ მდგომარეობაში (ნეიტრონულ ვარსკვლავებში, სადაც მატერიის სიმკვრივე 10-ჯერ აღემატება ბირთვული მატერიის საშუალო სიმკვრივეს) .

ლაბორატორიულ პირობებში *კგპ* შეიძლება წარმოიქმნას მაღალ ენერგიული რელატიური იონების დაჯახებების შედეგად. ამ დროს ბირთვის (მატერიის) შემადგენელი ელემენტები არიან არა პროტონები და ნეიტრონები, არამედ გლუონები და კვარკები. შეიძლება ითქვას, რომ მიიღება ერთიანი აღგზნებული სისტემა - ფაიერბოლი. რადგან რეაქციაში მონაწილეობას იღებს უამრავი ნაწილაკი, საქმე გვაქვს ბირთვული მატერიის კოლექტიურ მოძრაობასთან.



ნახ. 1[ა]. კუმულაციური პროტონების სპექტრი *pTa* – (•) და *pC* – (o) დაჯახებებში *10GeV/c–ზე.*



ნახ. 2. *CTa*-დაჯახებები *(4.2AGeV/c).* თანმხლები პროტონების p^{ass} (•) და პიონების π^{ass}(o) საშუალო მრავლობითობის დამოკიდებულება ჯამურ კუმულაციურ რიცხვზე n_c

ISSN 1512-1461

მნიშვნელოვანია ბირთვული გარემოს (დამჯახებელი ბირთვების მასების) როლი ნაწილაკების *სკმ*-საშუალო კინემატიკური მახასიათებლების ჩამოყალიბებაში. *სკმ*-ის ანალიზით შესაძლებელია რეაქციაში ხისტი და რბილი პროცესების განცალება და შესწავლა.

A_iA_t - დაჯახებებში საინტერესოა ბირთვული მატერიის ფლუქტუაციების (ფლუქტონების) შესწავლა კუმულაციური ნაწილაკების საშუალებით, რაც დაკავშირებულია n_k - კუმულაციური რიცხვის ცნებასთან.

ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში კუმულაციური ნაწილაკების, კუმულაციური შემთხვევების, ხისტი და რბილი პროცესებისა და ფლუქტონების გამოსაყოფად გამოყენებულია კუმულაციური ცვლადი n_k. ნაწილაკი, ჩვენს შემთხვევაში პროტონი, რომelიც იწოდება კუმულაციურად და იძლევა ინფორმაციას ხისტი დაჯახების შესახებ ბირთვში და ბირთვული გარემოს გავლენის შესახებ ნაწილაკების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლების (*სკმ*) ჩამოყალიბებაში.

მაშასადამე A_i-A_t – ბირთვ–ბირთვული დაჯახებების დინამიკის შესასწავლად გამოიყენება კუმულაციური რიცხვი $n_{k..}$ თუ A_i-A_t დაჯახებებში დაბადებული ნაწილაკებიდან გამოვყოფთ ნაწილაკებს, რომელთა $n_k > 1$ (არსებითად კუმულაციური), ამით გამოვყოფთ ე.წ. ღრმად არადრეკად (ხისტ) შემთხვევებს...

ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში *((p, d, He, C)(C, Ta)) (4.2-10) GeV/c* იმპულსების ინტერვალში შესწავლილია *p*-ის განაწილებები *Y*-სისწრაფეთა სივრცეში და მოწმდება *SRC* - ახლოქმედების კორელაციის პირობა $\Delta Y=|Y_i-Y_j|<2$. *SRC* –ის პირობა მოწმდება, როგორც ყველა პროტონისათვის, ასევე P^S-პროტონისათვის რბილ შემთხვევებიდან Nev^S და პროტონებისათვის Nev^H-ხისტი შემთხვევებიდან, აგრეთვე (P^{ass}) და P^{cum}-კუმულაციური პროტონისათვის. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები შედარებულია მოდელირებულ შემთხვევებთან. მოდელირება ჩატარებულია *QGSM*-კვარკ–გლუონური სიმური მოდელის საშუალებით *CC*-ნახშირბად–ნახშირბადისა და *CTa*-ნახშირბად–ტანტალისათვის *((4.2-10)AGeV/c).* ნაჩვენებია, რომ ექსპერიმენტული და მოდელური შედეგები საკმაოდ კარგ თანხმობაშია ერთმანეთთან.

(*p, d, He, C*)(*C,Ta*) – დაჯახებების ექსპერიმენტი ჩატარებულია ქ.დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის მაღალი ენერგიების ფიზიკის ლაბორატორიის ამაჩქარებელზე (ბკგი, დუბნა; *JINR, Dubna*) პროპანის 2 მეტრიანი ბუშტოვანი კამერის (*PBC*-500) საშუალებით. *PBC*-500 დასხივებული იყო მსუბუქი რელატიური ბირთვების ნაკადებით იმპულსების ინტერვალში (2÷10)*AGeV/c*. კამერაში მოთავსებული იყო მძიმე მეტალის *Ta*-ტანტალის სამი თხელი ფირფიტა, სისქით ~1მმ, ე.ი ერთდროულად შეგვიძლია შევისწავლოთ ურთიერთქმედებები, როგორც მსუბუქ, ასევე მძიმე სამიზნეებთან. ნაშრომებში [4–5] იხილეთ ექსპერიმენტული 4.2-10*)GeV/c* მონაცემების ანალიზთან და დამუშავებასთან დაკავშირებული საკითხები.

წარმოქმნილი კუმულაციური ნაწილაკების (კუმულაციური პროტონების) და მათი თანმხლები ნაწილაკების – პროტონების (N^H ხისტი შემთხვევებიდან) და p^S–პროტონების (N^S რბილი შემთხვევებიდან) განაწილებებით – სისწრაფეთა სივრცეში შემოწმებულია ახლოქმედების კორელაციის პირობა $\Delta Y=|Yi-Yj| \angle 2$. ნაჩვენებია, რომ $<\Delta Y>$ – საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში კუმულაციური ნაწილაკებისათვის არაა დამოკიდებული არც ენერგიაზე (მხედველობაში გვაქვს დამცემი ნაწილაკის ენერგია) და არც დამცემი ნაწილაკის ტიპზე. ადგილი აქვს ე.წ. რბილი გაუფერულების ჰიპოთეზას – *Hypothesis of soft decoloration.* ჩვენი სამუშაოს მუზანი იყო იგივე

ISSN 1512-1461

ჰიპოთეზის შემოწმება *pC, dC, HeC, CC* – დაჯახებებში იმპულსით 4.2A*GeV/C* და *pC* – პროტონ–ნახშირბადის დაჯახებებში 10*GeV/c* დროს.

ახლოქმედების კორელაციის პირობას $\Delta\ Y=|Yi-Yj| \angle 2$ ვამოწმებთ ყველა პროტონებისათვის (n_c – კუმულაციური ცვლადისაგან დამოუკიდებლად) რათა გამოვარკვიოთ კუმულაციური პროტონების როლი, მისი გავლენა *Y* – სისწრაფეთა სივრცეში ნაწილაკების განაწილებაზე. გარდა ამისა საინტერესოა დამცემი ნაწილაკის მასური რიცხვის როლი *Y* – სისწრაფეთა სივრცეში ნაწილაკების განაწილებაზე. ამ ეფექტის შესწავლამ *AiTa* დაჯახებებში გვიჩვენა, რომ *Ai* – დამცემი ბირთვის მასური რიცხვის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს $<\Delta Y>$ –ის ზრდას [10].

$$\text{e. i. } <\Delta Y(P^{ass})>(dTa)<<\Delta Y(P^{ass})>(HeTa)< <\Delta Y(P^{ass})>(CTa). \qquad (5)$$

იგივე შეეხება $\Delta\ Y$ – ის მნიშვნელობებს P^S – პროტონებისათვის (რბილი შემთხვევებიდან). უნდა აღინინიშნოს, რომ $\Delta\ Y$–ის მნიშვნელობა P^{ass} – თანმხლები პროტონებისათვის ყოველთვის ნაკლებია ΔY– ის მნიშვნელობაზე – პროტონებისათვის $<\Delta Y(P^{ass})>$ ნაკლებია $<\Delta Y(P^S)>$

ე.ი. Nev^H – ხისტ პროცესებში ძლიერია P^{cum} – კუმულაციური პროტონების ველის გავლენა; ან სხვანაირად – ერთიანი *CS* –კომპაუნდ სისტემა (შედგენილი სისტემა, რომელიც მიიღება ურთიერთქმედების დროს), რომლის მყისიერ დაშლას ხელს უშლის ფერადი ძალები [6] შეფერხებულია PP^{ass} – ნაწილაკების მიმართული მოძრაობით, ამის გამო მათი გამოფრენის საშუალო კუთხე უფრო დიდია, ვიდრე P^S – ის.

$$\left.\begin{aligned} &<\Delta Y(P^{ass})>(pTa)=(0.384\pm0.010)<(\Delta Y(P^S)>(pTa)=(0.050\pm0.014),\\ &<\Delta Y(P^{ass})>(CTa)=(0.460\pm0.012)<(\Delta Y(P^S)>(CTa)=0.590\pm0.022).\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

მე-5 და მე-6 უტოლობები საკმაოდ ძლიერია და პრაქტიკულად არაა დამოკიდებული A_i –ზე და სამიზნის მასაზე (Ta-ტანტალის შემთხვევაში).

AiC=(p, d, He, C)C დაჯახებებში ახლოქმედების კორელაციის პირობა — Sort Range Correlation Condition *(SRC)* $\Delta\ Y=|Yi-Yj| \angle 2$ მოწმდება ყველა პროტონისათვის P^H –(n_c – კუმულაციური ცვლადისაგან დამოუკიდებლად), კუმულაციური პროტო ნებისათვის – PP^{cum} , პროტონებისათვის NN_{ev}^H – ხისტი შემთხვევებიდან და P თანმხლები პროტონებისათვის NN_{ev}^S– რბილი შემთხვევებიდან – PP^S .

ექსპერიმენტული მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ კუმულაციური პროტონების სკმ – საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები -- $<\Delta\ Y(P^{cum})>$, $<PL(P^{cum})>GeV/c$ da $<QL(P^{cum})>degr$ არ არიან დამოკიდებული AA_i – დამცემი ნაწილაკის მასურ რიცხვზე და არც პირველად ენერგიაზე EE_i. Aადგილი აქვს მასშტაბურ ინვარიანტობას, ან სკელინგს (ან რბილი გაუფერულების ჰიპოთეზას), რაც შეეხება კუმულაციური პროტონების საშუალო იმპულსებს, ისინი იცვლებიან ინტერვალში $(0.556\pm0.034)GeV/c$—$(pC)(10GeV/c)$, $(0.629\pm0.010)GeV/c$—$(CC)(4.2AGeV/c)$ პრაქტიკულად მუდმივია. უფრო კონკრეტულად :

$$\begin{aligned} &<PL(P^{cum})>(pC)(4.2AGeV/c)=(0.591\pm0.031)GeV/c,\\ &<PL(P^{cum})>(dC)(4.2AGeV/c)=(0.624\pm0.050)GeV/c, \qquad (7)\\ &<PL(P^{cum})>(HeC)(4.2AGeV/c)=(0.626\pm0.012)GeV/c,\\ &<PL(P^{cum})>(CC)(4.2AGeV/c)=(0.626\pm0.015)GeV/c,\\ &<PL(P^{cum})>(pC)(10GeV/c)=(0.556\pm0.034)GeV/c.\end{aligned}$$

ე. ი. დამოკიდებულება არაა (ცდომილების ფარგლებში) A_i –ზე

ISSN 1512-1461

G განვიხილეთ *AiC≡(p, d, He, C)C* დაჯახებებში წარმოქმნილი N_{ev}^{H} – ხისტი და Nev^{S}– რბილი შემთხვევების თვისებები. უფრო კონკრეტულად განვიხილეთ ხისტ პროცესებში P^{cum}– კუმულაციური პროტონების, P^{ass} – თანმხლები პროტონების და რბილ პროცესებში წარმოქმნილი P^{S} – პროტონების სკმ და შევადარეთ ის $A_iTa=(p, d, He, C)\ Ta$ - დაჯახებებში წარმოქმნილ P^{ass} და P^{S} - ნაწილაკების სკმ – ს. შევაფასეთ სამიზნის ეფექტი – რამდენად ძლიერია მძიმე სამიზნის გავლენა ნაწილაკების (ჩვენს შემთხვევაში P^{ass} და P^{S}–პროტონების) სკმ –ის ჩამოყალიბებაში.

შემოვიყვანეთ აღნიშვნები: $\Delta Y(P^{S}, P^{ass})= <\Delta Y(P^{S})>- <\Delta Y(P^{ass})>$,

$$\Delta QL(P^{ass},P^{S})= <QL(P^{a})>degr- <QL(Ps)>degr, \qquad (8)$$

$$\Delta PL(P^{S}, P^{ass})= <PL(P^{S})>GeV/c - <PL(P^{ass})>GeV/c.$$

ექსპერიმენტული მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ $A_iTa=(p, d, He, C)\ Ta$ – დაჯახებებში დაბადებული მეორადი ნაწილაკების (მხედველობაში გვაქს – პროტონები რბილი შემთხვევებიდან და – თანმხლები პროტონები ხისტი შემთხვევებიდან) სკმ-ის ჩამოყალიბებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მძიმე სამიზნე (Ta - ტანტალი).

რაც შეეხება მსუბუქი სამიზნის – C – ნახშირბადის გავლენას ნაწილაკების თვისებებზე -- ნახშირბადის მსუბუქი ბირთვის გავლენა ნაწილაკის სკმ-ის ჩამოყალიბებაში საკმაოდ სუსტია, მაგრამ უფრო ძლიერია დამცემი ბირთვის მასური რიცხვის და პირველადი ენერგიის გავლენა. $A_iTa=(p, d, He, C)C$ – დაჯახებებში საშუალოდ იბადება ერთი P^{cum} – პროტონი.

Jet-ჭავლების შესწავლა Y-სისწრაფეთა სივრცეში და SRC-ის პირობის შემოწმება

როგორც უკვე ადრეც აღვნიშნეთ *Jet*-ჭავლები შედგებიან კუმულაციური პროტონებისაგან, რომელთა წარმოქმნა (Pკუმულაციური პროტონების) დაკავშირებულია უშუალოდ სამიზნე ბირთვში მრავალკვარკიანი სამიზნის ე.წ. *FL*-ფლუქტონების წარმოქმნასთან. *FL*-ფლუქტონი წარმოიქმნება სამიზნე ბირთვში ნუკლონების სიმკვრივის ლოკალური ცვლილების (ფლუქტუაციის) შედეგად, როდესაც 2 ან მეტი ნუკლონი (დროის ძალიან მცირე მონაკვეთში) ქმნიან ერთიან სისტემას. დამცემი ნაწილაკი (ჩვენს შემთხვევაში *p*–პროტონი) ურთიერთქმედებს *FL*-ფლუქტონთან (როგორც ერთიან სისტემასთან), რომლის ზომა არის $1F=10^{-19}$ სმ რიგის და გაბნევის შედეგად მიიღებიან P კუმულაციური პროტონები, რომლებიც ქმნიან *Jet*-ჭავლებს (და შესაბამისად NN_{ev}^{H} – ხისტ შემთხვევებს). პროცესი, შემთხვევა, ითვლება ხისტად თუ მეორად ნაწილაკებს შორის არის თუნდაც ერთი პროტონი, რომლის n_c – კუმულაცური რიცხვი არის მეტი 1-ზე. შემთხვევას, რომელშიც არ არის კუმულაციური ნაწილაკი, ჩვენს შემთხვევაში პროტონი, ეწოდება რბილი – N_{ev}^{S}.

N_{ev}^{H} – ხისტი შემთხვევების წარმოქნა დაკავშირებულია დამჯახებელი ობიექტების შემადგენელი *q*–კვარკებისა და g–გლუონების ხისტ ურთიერთქმედებებთან.

FL- ფლუქტონები, მრავალკვარკიანი სისტემები, სამიზნე ბირთვში შეიძლება წარმოიქმნან ორი მიზეზით: პირველი დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონებზე სიმკვრივის თვით ფლუქტუაციასთან და იწოდება "ცივ" მოდელადM. მეორე "ცხელი" მოდელი უშვებს, რომ სამიზნე ბირთვის ნუკლონების ფლუქტუაცია დაკავშირებულია AA_i - დამცემი ბირთვის (ან ნაწილაკის) ზემოქმედებასთან. შეიძლება

ISSN 1512-1461

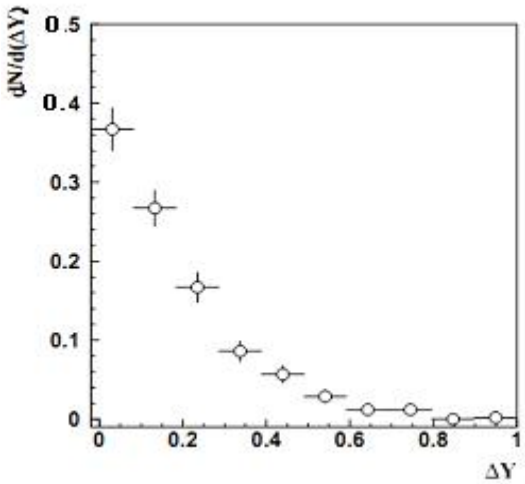
ითქვას, რომ FL-- ფლუქტონი ესაა მკვრივი კვარკული ჩანთა, ან მრავალკვარკიანი გაერთიანება.

რადგანაც Pკუმულაციური პროტონები ქმნიან Jet-ჭავლებს (ჭავლები ესაა კუმულაციური ნაწილაკების ერთობლიობა, რომელიც მიმართულია საკმაოდ მცირე კუთხურ კონუსში, ისე რომ ერთმანეთის მიმართ გააჩნიათ მცირე განივი იმპულსი) მათი $<\Delta Y(P^{cum})>$ *მნიშვნელობა უნდა იყოს არსებითად განსხვავებული თანმხლები პროტონების და* P^{S} *P– პროტონების* $<\Delta Y(P^{cum})>$ *-ის საშუალო მნიშვნელობებისაგან; რადგანაც მათი დაბადების მექანიზმები სხვადასხვაა:*

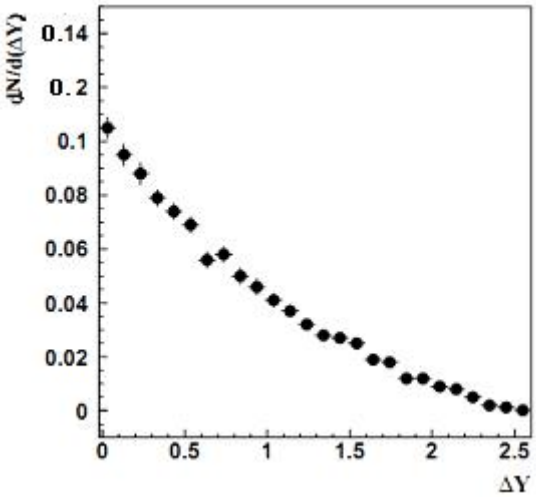
$$<\Delta Y(P^{cum})> pC(4.2AGeV/c)=0.208\pm0.030, \quad (9)$$
$$<\Delta Y(P^{cum})> pC(10GeV/c)=0.206\pm0.021.$$

$$<\Delta Y(P^{ass})>(pC;\ 4.2AGeV/c)=(0.511\pm0.022),$$
$$<\Delta Y(P^{S})>(pC;\ 4.2AGeV/c)=(0.575\pm0.011). \quad (10)$$
$$<\Delta Y(P^{ass})>(pC;\ 10GeV/c)=(0.715\pm0.014),$$
$$<\Delta Y(P^{S})>(pC;\ 10GeV/c)=(0.740\pm0.010).$$

მაგრამ P^{ass} (იხ. ნახ. 2) თანმხლები (კუმულაციური პროტონების) N_{ev}^{H}–ხისტი პროცესებიდან) და P^{S} – პროტონების (რბილი პროცესებიდან) $<\Delta Y(P^{cum})>$-ის განაწილებები და საშუალო მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან ნაკლებად უნდა განსხვავდებოდნენ (რადგანაც მსუბუქი სამიზნე – C-ნახშირბადი დიდ გავლენას ვერ ახდენს მეორადი ნაწილაკების სკმ-ის ჩამოყალიბებაში.) (ნახ.3,4, 5) [11].

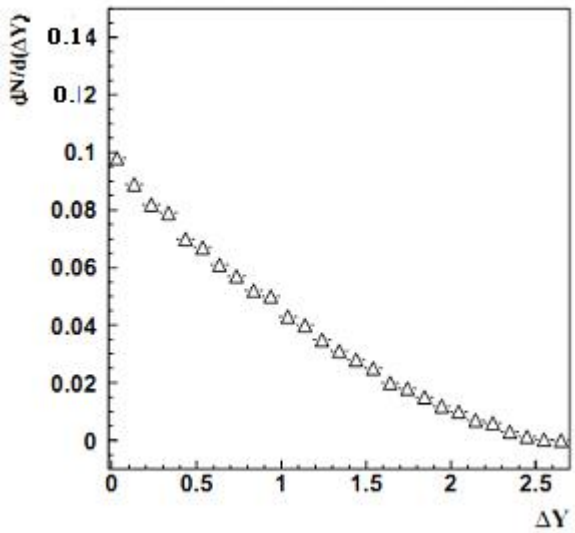


ნახ. 3. *dN/d(ΔY)=f(ΔY). ΔY*-ის განაწილება P^{cum} - კუმულაციური პროტონებისათვის $C(10GeV/c)\rightarrow P^{cum}$.



ნახ. 4. *dN/d(ΔY)=f(ΔY). ΔY*-ის განაწილება P^{ass} - თანმხლები პროტონებისათვის Nev^{H} –ხისტი შემთხვევებიდან $pC(10GeV/c)\rightarrow P^{ass}$

ISSN 1512-1461



ნახ. 5. $dN/d(\Delta Y)=f(\Delta Y)$. ΔY-ის განაწილება
P^S.- პროტონებისათვის Nev^S– რბილი
შემთხვევებიდან $pC(10GeV/c)\rightarrow P^S$.

მაშასადამე ფილმური დეტექტორებიდან მიღებული მასალა საშუალებას იძლევა პროცესები შევისწავლოთ კუმულაციური ჭავლების დაბადებით 4π გეომეტრიაში. ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში ეს პროცესები ძალიან აქტუალურია მწირი ინფორმაციის გამო. ასევე, საინტერესოა რელატივისტურ ადრონ–ბირთვულ და ბირთვ–ბირთვულ დაჯახებებში წარმოქმნილი ხისტი პროცესების გამოყოფა, ადრონ–ადრონულ და ადრონ–ბირთვულ დაჯახებებში დაბადებული π – მეზონებისა და დამუხტული ნაწილაკების მრავლობითობის განაწილებების შესწავლა გლუონური დომინანტობის მოდელით

მადლობას მოვახსენებ თსუ მეფის მეცნიერ–თანამშრომელს ლ. ტ. ახობაძეს თანამშრომლობისათვის.

ISSN 1512-1461

ლიტერატურა

1. L. N. Abesalashvili, L.T. Akhobadze e-Print: arXiv:0711.4461 [hep-ph]; Phys.Atom.Nucl. 72 (2009) ,97-104
2. Liana Abesalashvili, Lali Akhobadze, Yuri Tevzadze. BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2011,vol.5 no.1, 46-50.
3. H. Steiner, Preprint LBL – 6756, Berkeley, 1977; Sandoval et al. Phys. Rev. C 21, 1980, 1321;
4. S. Nagamia, Preprint LBL – 14034, Berkeley, 1982; 10956, 1980; 10461, 1980.
5. S. Gosset et al. Preprint LBL – 5820, Berkeley.
6. S. Bachler et al. Multiplicities in nuclear collisions at 200 GeV (N (NA 35 Coll.) 1991).
7. Burov V. V., Lukianov V. K. and Titov A. I. , Phys. Lett., 1977, B67 , 46.
8. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, Дубна, 1983, Р1- 83-483; Basile M. et al.Phys. Lett, 92B 367; 95B, 311, 1980; 1981, 99B, 247. Ядерная физика, 1982, т.36, вып. 2(6), стр.409.
9. Liana Abesalashvili, Lali Akhobadze, Vaxtang Garsevanivili,Yuri Tevzadze. BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2016, vol.10 no. 2, 46-52.
10. Liana Abesalashvili, Lali Akhobadze, Vaxtang Garsevanivili,Yuri Tevzadze. BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2017, vol.11 no.1, 31-37.
11. Л. Н. Абесалашвили, Л. Т. Ахобадзе, Ю. В. Тевзадзе. GESJ:Physics 2017 N2(18), pp. (53-63)
12. Л, Н, Абесалашвили. Л, Т. Ахобадзе. Ю,В, Тнвзадзе, GESJ:Physics 2019 N1(21), pp. (26-35).