

## მაღალი ენერგიების ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის 2009 წლის სამეცნიერო მუშაობის ანგარიში

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მაღალი ენერგიების ფიზიკის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (თსუ მეფი) 2009 წლის განმავლობაში სამეცნიერო კვლევები მიმდინარეობდა ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სფეროში ექსპერიმენტული და თეორიული ფიზიკის მიმართულებით. ექსპერიმენტული კვლევები ინსტიტუტში სრულდება საერთაშორისო თანამშრომლობის ფარგლებში, ისეთ სამეცნიერო ცენტრებთან კავშირში, როგორცაა ბირთვული კვლევების ევროპული ცენტრი (ჟენევა, CERN, <http://atlas.ch>) გერმანიის ქ. იულიხის კვლევათა ცენტრი (Forschungszentrum-Jülich, <http://www.fz-juelich.de/ikp/anke/en/index.shtml?>) და დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტი (<http://www.jinr.ru/>).

ინსტიტუტში ექსპერიმენტული სამუშაოები მიმდინარეობს სამი მიმართულებით:

1. სპინის ფიზიკა - ხელმძ. ფიზ. - მათ. მეც. დოქტორი, პროფ. მიხეილ ნიორაძე (საერთაშორისო კოლაბორაცია (<http://www.jinr.ru/>)).
2. ტოპ კვარკის ფიზიკა - ხელმძ. ფიზ.-მათ. მეც. დოქტორი თამარ ჯობავა (საერთაშორისო კოლაბორაცია ATLAS, CERN, ჟენევა),
3. რელატივისტური იონების ფიზიკა - ხელმძ. ფიზ.-მათ. მეც. დოქტორი, პროფ. იური თევზაძე (დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის ექსპერიმენტები, დუბნა, რუსეთი).

თეორიული ფიზიკის მიმართულებით სამეცნიერო კვლევები მიმდინარეობს შემდეგ სფეროებში:

1. ადრონთა კვარკული სტრუქტურა (ხელმძ. აკად. თეიმურაზ კოპალეიშვილი),
2. სპინის ფიზიკა (თეორია) (ხელმძ. ფიზ.-მათ. მეც. დოქტორი, პროფ. ანზორ ხელაშვილი),
3. არმატის შემცვლელი ნეიტრალური დენები (ხელმძ. ფიზ.-მათ. მეც. დოქტორი გელა დევიძე).

ინფორმაციული ტექნოლოგიების სფეროში სამეცნიერო-ტექნიკური სამუშაოები მიმდინარეობს შემდეგი მიმართულებით:

1. GRID ინფრასტრუქტურის შექმნა და მისი გამოყენება მაღალი ენერგიების ფიზიკაში (ხელმძ. ფიზ.-მათ. მეც. კანდიდატი ბადრი ჭილაძე)

2. ინსტიტუტის კომპიუტერული ქსელის განვითარება (ხელმძ. ერეკლე მაღრაძე)

**ინსტიტუტის 2009 წლის სამეცნიერო აქტივობის მახასიათებელი ცხრილი**

გამოქვეყნებული/გამოსაქვეყნებლად ნაშრომების რაოდენობა	გადაცემული	15/5	იხ. დანართი 1
გამოქვეყნებული/მომზადებული რაოდენობა	სახელმძღვანელოების	1	იხ. დანართი 1
გამოქვეყნებული მონოგრაფიების რაოდენობა		1	იხ. დანართი 1
სამეცნიერო კონფერენციებზე მოხსენებების რაოდენობა	წარდგე-ნილი	9	იხ. დანართი 2
საგრანტო პროექტები		8	იხ. დანართი 3
2008 წელს მოპოვებული საერთა-შორისო გრანტების რაოდენობა	და ეროვნული	4	იხ. დანართი 3
2009 წელს მოპოვებული ეროვნული გრანტების რაოდენობა		2	იხ. დანართი 3
2009 წელს დაცული დისერტაციების რაოდენობა		1	იხ. დანართი 3
პრემიები		1	იხ. დანართი 3

**სასწავლო პროცესში მონაწილეობა**

2007 წლიდან მაღალი ენერჯიების ფიზიკის ინსტიტუტის ბაზაზე ფუნქციონირებს ორი სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორია:

1. ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორია (ლაბორატორიის გამგე ი.თევზაძე, უფროსი ინჟინერი ი.ტრეკოვი)
2. ექსპერიმენტული ინფორმაციის მოდელური ანალიზის (მოდელირების) ლაბორატორია (ლაბორატორიის გამგე მ.ტაბიძე, უფროსი ინჟინერი ნ.ლომიძე)

ინსტიტუტის ბაზაზე სრულდება ორი სამაგისტრო პროგრამა:

1. ნაწილაკების ფიზიკა (ხელმძ. პროფ. მ.ნიორაძე)
2. ველის კვანტური თეორია (ხელმძ. პროფ. ა.ხელაშვილი)

და ერთი სადოქტორო პროგრამა:

1. სპინის ფიზიკა (ხელმძ. პროფ. მ.ნიორაძე)

**ექსპერიმენტული კვლევები**

**მიმართულება 1 : სპინის ფიზიკა (ექსპერიმენტი)**

თემა: “ნუკლონ-ნუკლონური ურთიერთქმედების სპინური სტრუქტურის და სპინური ფილტრაციის მოვლენის შესწავლა ANKE/COSY ექსპერიმენტში”

თემის ხელმძღვანელები: პროფ. მიხეილ ნიორაძე და დოქტორი მირიან ტაბიძე  
 მონაწილეები: დოქტორები ნ.ლომიძე, გ.მაჭარაშვილი, ბ.ჭილაძე, დ.ჭილაძე და  
 დოქტორანტი დ.მჭედლიშვილი

## 1. “ნუკლონ-ნუკლონური ურთიერთქმედების სპინური სტრუქტურის შესწავლა”

ნუკლონ-ნუკლონური (NN) ურთიერთქმედების ექსპერიმენტულ კვლევას ფუნდამენტური მნიშვნელობა აქვს ბირთვული ძალების ხასიათისა და საერთოდ ძლიერი ურთიერთქმედების შესწავლისათვის. ნუკლონები წარმოადგენენ ნახევარსპინიან ნაწილაკებს და ემორჩილებიან ფერმი-დირაკის სტატისტიკას, სპინი კი გავლენას ახდენს ურთიერთქმედების ინტენსივობაზე. აქედან გამომდინარე, NN ურთიერთქმედების სპინზე დამოკიდებულების ექსპერიმენტული შესწავლა აქტუალურია, რაც შესაძლებელია მხოლოდ პოლარიზაციულ ექსპერიმენტებში პოლარიზებული ნაკადებისა და სამიზნეების გამოყენებით.

ექსპერიმენტული კვლევის ძირითადი მიზანი იყო  $np \rightarrow pn$  გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდის სპინური სტრუქტურის განსაზღვრა დეიტრონზე გადამუხტვის რეაქციის  $dp \rightarrow (pp)n$  შესწავლის საფუძველზე. თეორიულად ნაჩვენებია იყო<sup>1,2</sup>, რომ ნულოვან კუთხეებზე გაბნევისას დეიტრონზე გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდა განისაზღვრება მხოლოდ ელემენტარული  $np \rightarrow pn$  ამპლიტუდის სპინზე დამოკიდებული ნაწილით, რომლის ექსპერიმენტული განსაზღვრა შესაძლებელია პოლარიზაციულ ექსპერიმენტებში.

იმპულსურ მიახლოებაში ელემენტარული  $np \rightarrow pn$  გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდა განისაზღვრება სპინზე დამოკიდებული  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  და  $\varepsilon$  ამპლიტუდებით. ამ პროცესის ნორმირებული დიფერენციალური კვეთისთვის მიიღება შემდეგი გამოსახულება

$$I_{np} = |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\varepsilon|^2 + |\delta|^2 R^2, \quad (1)$$

სადაც  $\gamma$  სპინ-ორბიტალური წევრია, ხოლო  $\beta$ ,  $\delta$  და  $\varepsilon$  სპინ-სპინური ამპლიტუდებია.  $R = S^+(k, \frac{1}{2}q) / S^-(k, \frac{1}{2}q)$  ორი ფორმფაქტორის შეფარდებაა, რომლებიც აღწერენ დეიტრონის გადასვლას  $(2p)_{1, S_0}$  მდგომარეობაში, როცა დეიტრონის სპინის პროექციის მნიშვნელობებია  $\lambda=0$  და  $\lambda=\pm 1$ . K კი pp სისტემის აღზნების ენერჯის  $E_{pp}$  შესაბამისი ფარდობითი იმპულსია  $k^2=E_{pp}m$ , სადაც m პროტონის მასაა.

კოლინეალური კინემატიკის შემთხვევაში აზიმუტალური სიმეტრიის გამო სკალარული ამპლიტუდების რაოდენობა (1) ფორმულაში მცირდება. ნულოვან გადაცემულ იმპულსების შემთხვევაში  $\delta = \beta$  და  $\gamma = 0$ , D -ტალის შესაბამისი დეიმპულსურ მიახლოებაში ელემენტარული  $np \rightarrow pn$  გადამუხტვის რეაქციის ამპლიტუდა განისაზღვრება სპინზე დამოკიდებული  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  და  $\varepsilon$

ამპლიტუდებით. ამ პროცესის ნორმირებული დიფერენციალური კვეთისთვის მიიღება შემდეგი გამოსახულება

$$I_{np} = |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\varepsilon|^2 + |\delta|^2 R^2, \quad (1)$$

სადაც  $\gamma$  სპინ-ორბიტალური წევრია, ხოლო  $\beta$ ,  $\delta$  და  $\varepsilon$  სპინ-სპინური ამპლიტუდებია.  $R = S^+(k, \frac{1}{2}q) / S^-(k, \frac{1}{2}q)$  ორი ფორმფაქტორის შეფარდებაა, რომლებიც აღწერენ დეიტრონის გადასვლას  $(2p)_{1S_0}$  მდგომარეობაში, როცა დეიტრონის სპინის პროექციის მნიშვნელობებია  $\lambda=0$  და  $\lambda=\pm 1$ .  $K$  კი  $pp$  სისტემის აღზნების ენერგიის  $E_{pp}$  შესაბამისი ფარდობითი იმპულსია  $k^2 = E_{pp}m$ , სადაც  $m$  პროტონის მასაა.

კოლინეალური კინემატიკის შემთხვევაში აზიმუტალური სიმეტრიის გამო სკალარული ამპლიტუდების რაოდენობა (1) ფორმულაში მცირდება. ნულოვან გადაცემულ იმპულსების შემთხვევაში  $\delta = \beta$  და  $\gamma = 0$ ,  $D$  -ტალის შესაბამისი დეიტრონის ფორმ-ფაქტორი ქრება, რის შედეგადაც  $dp \rightarrow (pp)_{1S_0} n$  რეაქციის დიფერენციალური კვეთა  $I$ , დეიტრონის ანალიზური უნარი  $t_{20}$  და სპინ-სპინური კორელაციის  $C_{xx}$ ,  $C_{yy}$  კოეფიციენტები ჩაიწერება შემდეგნაირად: დეიტრონის ფორმ-ფაქტორი ქრება, რის შედეგადაც  $dp \rightarrow (pp)_{1S_0} n$  რეაქციის დიფერენციალური კვეთა  $I$ , დეიტრონის ანალიზური უნარი  $t_{20}$  და სპინ-სპინური კორელაციის  $C_{xx}$ ,  $C_{yy}$  კოეფიციენტები ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\frac{d^4\sigma}{dt d^3k} = \frac{1}{3} \left\{ |\varepsilon|^2 + 2|\beta|^2 \right\} F_S^2(k, 0) \quad I = 2|\beta|^2 + |\varepsilon|^2 \quad I t_{20} = \sqrt{2} \left\{ |\beta|^2 - |\varepsilon|^2 \right\}$$

$$I C_{x,x} = I C_{y,y} = -2 \operatorname{Re}(\varepsilon \beta^*)$$

ამ ფორმულებიდან დიფერენციალური კვეთის, ტენზორული ანალიზური უნარის და სპინური კორელაციების  $C_{y,y}$ ,  $C_{x,x}$  გაზომვის შედეგად შესაძლებელია  $\beta$  და  $\varepsilon$  სპინური ამპლიტუდების და მათ შორის ფაზის განსაზღვრა.  $np$  გაზნების სპინური ამპლიტუდების  $|\varepsilon(0)|/|\beta(0)|$  შეფარდებისთვის მიიღება შემდეგი გამოსახულება:

$$\frac{|\varepsilon(0)|}{|\beta(0)|} = \sqrt{\frac{\sqrt{2} - 2t_{20}}{\sqrt{2} + t_{20}}}$$

ექსპერიმენტი ჩატარდა საერთაშორისო თანამშრომლობის ფარგლებში გერმანიის ქ.იულიხის კვლევათა ცენტრის COSY (COoler SYnchrotron) ამაჩქარებელზე ANKE ("Aparatus for studies of Nucleon and Kaon Ejectiles") მაგნიტური სპექტრომეტრის გამოყენებით. მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი ამ თანამშრომლობის წევრია 1993 წლიდან და გარკვეული წვლილი შეიტანა ექსპერიმენტული დანადგარის შექმნაში. კერძოდ, ჩვენს მიერ დამზადებულ იქნა სრულიად ახალი ტიპის სრულ შინაგან არეკვლის პრინციპზე მომუშავე ჩერენკოვის მთვლელები ნაწილაკთა იდენტიფიკაციისათვის<sup>3,4</sup>.

ამაჩქარებელზე მიიღება პოლარიზებული და არაპოლარიზებული პროტონებისა და დეიტრონების მაღალი სიზუსტის  $\Delta p/p=10^4-10^3$  ნაკადები 300mev/c–3.7gev/c იმპულსების ინტერვალში. ექსპერიმენტი ჩატარდა 1.2 გევ ენერგიის პოლარიზებული დეიტრონების ნაკადში წყალბადის კლასტერული (გაზური ჭავლი) სამიზნის გამოყენებით.

დეიტრონული ნაკადის პოლარიმეტრიისთვის შერჩეულ იქნა ისეთი რეაქციები ( $dp \rightarrow p_{sp}(d\pi^0)$ ,  $dp \rightarrow (pp)n$ ,  $dp \rightarrow {}^3\text{He}\pi^0$  და დრეკადი  $dp \rightarrow dp$ ), რომელთა ანალიზური უნარი მოცემულ 1.2გევ ენერგიაზე ცნობილი იყო. ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე ექსპერიმენტულად შეფასდა დეიტრონული ნაკადის ვექტორული და ტენზორული პოლარიზაციები:  $P_z=0.74 \pm 0.05$ ,  $P_{zz}=0.59 \pm 0.08$ .

ნათების განსაზღვრისთვის გამოყენებულ იქნა დრეკადი  $dp$  გაბნევა და კვაზი თავისუფალი  $np \rightarrow d\pi^0$  რეაქცია. ნათების ინტეგრალური მნიშვნელობისთვის მიღებულ იქნა  $L=(1.25 \pm 0.05)$  ნბარნი<sup>-1</sup>.

ტენზორული ანალიზური უნარის გამოსათვლელად შესწავლილ იქნა პოლარიზებული შემთხვევების რაოდენობის არაპოლარიზებულთან შეფარდების აზიმუტალურ კუთხეზე დამოკიდებულება გადაცემული იმპულსის 20 MeV -იან ინტერვალში. რადგან მცირე გადაცემულ იმპულსებზე  $pp$ -სისტემის მაღალი პარციალური ტალღური მდგომარეობების აღზნება არ ხდება,  $t_{20}$  ინტერპოლაციისთვის  $q=0$  წერტილში გამოყენებული იყო აღზნების ენერგიის მთლიანი არე ( $0 < E_{pp} < 3\text{mev}$ ). შედეგად მიღებულ იქნა მნიშვნელობა  $t_{20} = 0.37 \pm 0.02$ , საიდანაც პირველად განისაზღვრა სპინური ამპლიტუდების შეფარდება 1.2 გევ ენერგიაზე:

$$\frac{|\varepsilon(0)|}{|\beta(0)|} = 0.61 \pm 0.03.$$

მიღებული შედეგები გამოქვეყნებულია საერთაშორისო მაღალი იმფაქტ-ფაქტორის მქონე ჟურნალში<sup>5/</sup>.

#### ლიტერატურა

1. И. Померанчук, Доклады Акад. Наук 77, 249 (1951).
2. D.V. Bugg, C. Wilkin, Nucl. Phys. A 467, 575 (1987).
3. A.Kacharava, G.Macharashvili, M.Nioradze et al.  
Nuclear Instruments & Methods A376 (1996) 386.
4. S.Barsov, G.Borchert, B.Chiladze, A.Kacharava, G.Macharashvili, M.Nioradze et al.  
Nuclear Instruments & Methods A 462/3 (2001) 364.
5. D.Chiladze, A.Kacharava, N.Lomidze, G.Macharashvili, M.Nioradze, M.Tabidze et al.  
European Physics Journal A40, 23-33 (2009).

## 2. „სპინური ფილტრაციის მოვლენის შესწავლა”

ექსპერიმენტული კვლევები მიმდინარეობდა პოლარიზებული ანტიპროტონების მიღების მეთოდის შესწავლად. ამ მიზნით უნდა შეიქმნას ექსპერიმენტული დანადგარი, რომლის საშუალებითაც ჩატარდება სპინური ფილტრაციის ექსპერიმენტები პროტონებზე იულიხის COSY ამაჩქარებელზე და ანტიპროტონებზე ევროპის ბირთვული კვლევების ცენტრში (CERN) AD ამაჩქარებელზე. თავისთავად სპინური ფილტრაციის მოვლენის არსი შემდეგში მდგომარეობს: არაპოლარიზებული პროტონების ნაკადის წყალბადის პოლარიზებული სამიზის მრავალჯერადი გადაკვეთის შედეგად პოლარიზებული ნაკადის მიღება. აქ საქმე გვაქვს „სპინური ფილტრაციის“ ეფექტთან, როდესაც ურთიერთქმედება სპინური კომპონენტის გავლენით „ამოარჩევს“ ერთი და იგივე ორიენტაციის სპინის პროტონებს, და ამგვარად, მოახდენს ნაკადის პოლარიზაციას. პოლარიზებული ნაკადის მიღების ეს მეთოდი მეტად მნიშვნელოვანია მაღალი პოლარიზაციის ანტიპროტონების ნაკადის მისაღებად, რომელიც დღეისათვის არ არსებობს.

COSY ამაჩქარებელზე პროტონებზე სპინური ფილტრაციის ექსპერიმენტებმა უნდა განსაზღვროს პოლარიზაციის დაგროვების პროცესში ელექტრომაგნიტური და ადრონული ურთიერთქმედებების წვლილი. პირველად არაპოლარიზებული 23მეგ ენერჯის პროტონების ნაკადის წყალბადის პოლარიზებულ სამიზნეში მრავალჯერადი გავლისას მიღებული ნაკადის პოლარიზაცია შესწავლილ იქნა FILTEX<sup>1/</sup> ექსპერიმენტში. მიღებული იყო პროტონების ნაკადის პოლარიზაციის დაგროვების სიჩქარე  $dP_B/dt=0.0124 \pm 0.0006$  საათში. ბოლო დრომდე ამ შედეგის ორი განსხვავებული ინტერპრეტაცია არსებობდა. პირველის მიხედვით პროტონული ნაკადის პოლარიზაცია ძირითადად გამოწვეული იყო პროტონების და პოლარიზებული წყალბადის სამიზნის პოლარიზებული ელექტრონების ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებით (სპინის გადაცემა), ხოლო მეორის თანახმად პროტონების ნაკადის პოლარიზებულ წყალბადის სამიზნესთან ადრონული ურთიერთქმედებით (სპინური ფილტრაცია).

COSY ამაჩქარებელზე ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომლის მიზანი იყო პოლარიზებული პროტონების ნაკადის მიღების შესაძლებლობის შესწავლა სპინის გადაცემით. ამ მიზნით ჩატარდა ე.წ. დეპოლარიზაციის ექსპერიმენტი. დეპოლარიზაციის ექსპერიმენტი სპინური ფილტრაციის ექსპერიმენტის ექვივალენტურია, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს. როცა პოლარიზებული პროტონების (ანტიპროტონების) ნაკადი მოძრაობს არაპოლარიზებულ ელექტრონების (პოზიტრონების) ღრუბელთან (სამიზნე) ერთად, მაშინ მცირე ფარდობითი სიჩქარეების დროს შესაძლებელია სპინის გადაცემა პოლარიზებული ადრონიდან არაპოლარიზებულ ლეპტონზე. ხდება პოლარიზებული პროტონების (ანტიპროტონების) ნაკადის დეპოლარიზაცია.

ამ მოვლენის თეორიული ინტერპრეტაციის თვალსაზრისით ორი განსახვავებული თეორიული შრომა არსებობდა (ნოვოსიბირსკის ჯგუფი<sup>2/</sup>, რუსეთი და მაინცის ჯგუფი<sup>3/</sup>, გერმანია), სადაც სპინის გადაცემა

პოლარიზებული პროტონების (ანტიპროტონების) ნაკადიდან არაპოლარიზებულ ელექტრონებზე (პოზიტრონებზე) მათი მცირე ფარდობითი სიჩქარეების დროს განიხილებოდა სპინზე დამოკიდებული ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების შედეგად. ამ პროცესის მათ მიერ შეფასებული კვთები ერთმანეთისგან განსხვავდებოდა თექვსმეტი რიგით.

ექსპერიმენტი ჩატარდა ANKE სპექტრომეტრზე პოლარიზებული  $T_p = 46,3$  მევ ენერჯის პროტონული ნაკადის გამოყენებით. ამაჩქარებლის ელექტრონული გაციების სისტემა ასრულებდა ორ ფუნქციას: ჯერ ერთი ის აციებდა ნაკადს, რის შედეგად ნაკადის ფაზური მოცულობა (განივი ზომები) მცირდება, ხოლო მეორეს მხრივ ასრულებდა სამიზნის როლს, რაც იძლეოდა ელექტრონების პროტონებზე გაბნევის პროცესში დაბალენერგეტიკული სპინ-ფლიპის კვთის შეფასების საშუალებას. ელექტრონები მიიღებოდა თერმოელექტრონული ემისიის შედეგად, ხოლო მათი სიჩქარის ცვლილება ხდებოდა ამაჩქარებელი ძაბვის ცვლილებით.

ნაკადის პოლარიზაციის შესაფასებლად (ელექტრონებთან ურთიერთქმედების შედეგად და მის გარეშე) გამოყენებული იქნა pd დრეკადი გაბნევის რეაქცია, რომლის ანალიზური უნარი  $T_p = 49,3$  მევ ენერჯიაზე ცნობილია. ნაწილაკთა დეტექტირებისთვის გამოიყენებოდა ANKE სპექტრომეტრის სილიკონური ტელესკოპების სისტემა (STT). ექსპერიმენტზე გაზომილი ასიმეტრიის ფარდობა რეაქციის ანალიზურ უნართან იძლევა ნაკადის პოლარიზაციის განსაზღვრის საშუალებას, რომელიც ჩატარდა საშუალო ფარდობითი სიჩქარის 6 სხვადასხვა მნიშვნელობაზე. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ პროტონული ნაკადის დეპოლარიზაცია ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების შედეგად არ ხდება. შეფასებულ იქნა დეპოლარიზაციის კვთის ზედა ზღვარი, რომელიც არ აღემატება  $2 \cdot 10^7$  ბარნს.

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგების თანახმად შეუძლებელია არაპოლარიზებული ნაკადის პოლარიზაცია პოლარიზებულ სამიზნეში მრავალგზის ცირკულირებისას ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებით გამოწვეული სპინ-ფლიპის მექანიზმით. რჩება ნაკადის პოლარიზაციის მეორე გზა, სპინური ფილტრაცია, რომელიც ძლიერი ურთიერთქმედებით ხორციელდება და დღეისათვის ერთადერთია მაღალი ინტენსივობის პოლარიზებული ანტიპროტონების ნაკადის მისაღებად. მეორეს მხრივ მოცემული ექსპერიმენტული შედეგი სრულ თანხმობაშია ნოვოსიბირსკის ჯგუფის მიერ მიღებულ თეორიულ შედეგთან.

განხილული ექსპერიმენტული მონაცემები გამოქვეყნებულია მაღალრეიტინგულ საერთაშორისო ჟურნალში <sup>14/</sup>.

## ლიტერატურა

1. F.Rathmann et al., Phys. Rev. Lett., 71, 1379 (1993).
2. A.Milstein, S.Salnikov, V.Strakhovenko, Nucl. Instrum. Methods B266, 3453 (2208).
3. Th.Walcher et al. Eur. Phys. J. A34, 447 (2007); H.Arenhovel Eur. Phys. J. A34, 303 (2007).

4. D.Oellers, D.Chiladze, A.Kacharava, M.Nioradze et al. Phys. Lett. B674, 269-275 (2009).

## მიმართულება 2 : ტოპ კვარკის ფიზიკა

თემა: არომატის ცვლილებით და ნეიტრალური დენებით მიმდინარე ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლების შესწავლა

თემის ხელმძღვანელი: ფიზ. მათ. მეც. დოქტორი თამარ ჯობავა

მონაწილეები: ფიზ. მათ. მეც დოქტორი ჯ.ხუბუა, მ.მოსიძე, მაგისტრი გ.მჭედლიძე

კვლევები მიმდინარეობდა ორი მიმართულებით:

1. ტოპ კვარკის არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით მიმდინარე იშვიათი დაშლების შესწავლა ATLAS ექსპერიმენტში.
2. ATLAS ექსპერიმენტის ტაილ კალორიმეტრის მახასიათებლების შესწავლა.

### 1. ტოპ კვარკის არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით მიმდინარე იშვიათი დაშლების შესწავლა ATLAS ექსპერიმენტში.

ბირთვული კვლევების ევროპული ცენტრის (CERN, ქ. ჟენევა, შვეიცარია) დიდ ადრონულ კოლაიდერზე დაგეგმილ 4 ექსპერიმენტს შორის არის ATLAS ექსპერიმენტი, რომელშიც 1994 წლიდან მონაწილეობს მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკის პროგრამაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ტოპ კვარკის ფიზიკა. დიდი ადრონული ამაჩქარებელი (LHC) შეიძლება განხილულ იქნას როგორც “ტოპ კვარკის ფაბრიკა”, წარმოიქმნება რა მასზე დაახლოებით 80 000 ტოპ-ანტიტოპ ( $t\bar{t}$ ) კვარკული წყვილი დღეში  $L=1033 \text{ სმ}^{-2}\text{წ}^{-1}$  ნათების დროს, რაც იძლევა ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლების შესწავლის საშუალებას. კინემატიკურად დაშვებულია არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით (FCNC) მიმდინარე ტოპ კვარკის მრავალი იშვიათი დაშლის მოდა, ისეთები როგორცაა  $t \rightarrow cV$  ( $V = \gamma, Z, g$ ) და  $t \rightarrow ch$  ( $h=h^0, H^0, A^0$ ), სადაც  $h$  არის ჰიგსის ბოზონი. ასეთი იშვიათი დაშლებისადმი ინტერესი ძირითადად განპირობებულია ორი მიზეზით. პირველი, სტანდარტული მოდელი წინასწარმეტყველებს იმდენად მცირე დაშლის ალბათობებს ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლებისათვის ( $\sim 10^{-13}$ ), რომ რამდენიმე შემთხვევის დამზერაც კი იქნება მიმანიშნებელი ე. წ. “ახალი ფიზიკის”- სტანდარტული მოდელის მიღმა ფიზიკის არსებობისა. მეორე, ტოპ კვარკის დიდი მასის გამო ( $m_t=175\text{GeV}$ ), მან შეიძლება ითამაშოს მნიშვნელოვანი როლი სტანდარტული მოდელის მიღმა ჰიგსის ნაწილაკების ძიებისას.

შესწავლილ იქნა ATLAS ექსპერიმენტის მგრძნობიარობა არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით მიმდინარე ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლების:  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$  (qწარმოადგენს  $u$  და  $c$  კვარკებს),  $t \rightarrow Hq \rightarrow b\bar{b}j$  ( $m_H = 120\text{GeV}$ ) და  $t \rightarrow Hq \rightarrow WW^*j$  ( $m_H=150, 160\text{GeV}$ ) მიმართ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების როგორც ( $t\bar{t}$ ) წყვილურ, ისე ტოპ კვარკისეულ დაბადებაში სხვადასხვა ენერგიებზე მასათა ცენტრის სისტემაში  $\sqrt{s} = 14, 10, 7 \text{ TeV}$ .



$t \rightarrow Zq \rightarrow llj$  დაშლებისათვის განვიხილეთ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების ( $t\bar{t}$ ) წყვილური დაბადების ტოპოლოგია, როდესაც ყალიბრული Z და W ბოზონები იშლებიან ლეპტონებად:

$$t\bar{t} \rightarrow ZqWb \rightarrow l^+ l^- j, l^+ \nu b, (l=e, \mu; q=c, u)$$

ამრიგად ამ პროცესის სიგნატურაა: სამი იზოლირებული ლეპტონი (ელექტრონები, ან მიონები), ნაკლული განივი ენერგია  $E_t$ , ერთი b-ჭავლი და ერთი მსუბუქი ჭავლი.

$t \rightarrow Zq$  სიგნალისათვის მოსალოდნელია შემდეგი დომინანტური ფონური პროცესები:  $t\bar{t} \rightarrow WbWb, WZ$  და  $Z+jets$ .

$t \rightarrow Hq \rightarrow bb^+ j$  დაშლებისათვის განვიხილეთ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების წყვილურ დაბადებაში შემდეგი საბოლოო ტოპოლოგია:

$$t\bar{t} \rightarrow HqWb \rightarrow bb^+ j, l^+ \nu b (l=e, \mu),$$

რომლის სიგნატურა არის: ერთი იზოლირებული ლეპტონი, ნაკლული განივი ენერგია  $E_t$ , სამი b-ჭავლი და ერთი მსუბუქი კვარკიდან წარმოქმნილი ჭავლი.

$t \rightarrow Hq$  სიგნალისათვის შემდეგი ძირითადი ფონური პროცესები იქნა განხილული:  $t\bar{t} \rightarrow WbWb, t\bar{t}H, WZ, WH$  და  $W+jets$ .

ტოპ კვარკისეული FCNC დაბადების და შემდგომი  $t \rightarrow Hu(c) \rightarrow bb + j$  დაშლის საბოლოო მდგომარეობის ტოპოლოგია ხასიათდება H-ბოზონის დაშლით მიღებული ორი ენერგეტიკული ჭავლით და კვარკებისაგან წარმოშობილი ჭავლის არსებობით. ანალოგიური სიგნატურით გამოირჩევა სტანდარტული მოდელის შემდეგი ფონური პროცესებიც:  $Z+jets \rightarrow bb+jets,$

$WW+X \rightarrow jjjj+X, t\bar{t} \rightarrow WbWb \rightarrow l\nu l\nu bb+2 l\nu bjbb+jbbjbb, t\bar{t}H \rightarrow WbWb \rightarrow l\nu l\nu bbb+2 l\nu bjbb+jbbjbbb, ZZ \rightarrow bbjj+X, ZW \rightarrow bbjj+X, WH \rightarrow jjbb+l\nu bb+X, Wbb.$

$t \rightarrow Hq \rightarrow WW^* j$  დაშლებისათვის განვიხილეთ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების წყვილურ დაბადებაში შემდეგი საბოლოო ტოპოლოგია:

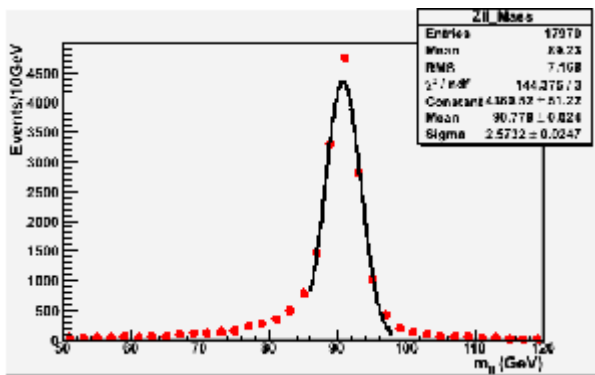
$$t\bar{t} \rightarrow HqWb \rightarrow WW^* q, Wb \rightarrow l\nu l\nu j, l^+ \nu b (l=e, \mu),$$

ჰიგსის მასებისათვის:  $m_H = 150\text{GeV}$  და  $m_H = 160\text{GeV}$ , W-ს ლეპტონური დაშლის მოდით, რადგანაც ჰიგსის მასის ამ მითითებულ არეში დაშლის დომინანტური მექანიზმი არის  $H \rightarrow WW$ .  $H \rightarrow WW$  დაშლის ალბათობა დათვლილ იქნა HDECAY ფორტრანული კოდით.

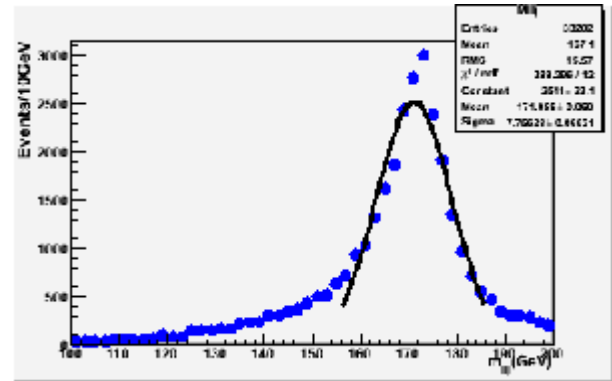
ATLAS ექსპერიმენტის პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემა ANTHENA-ს ფარგლებში PYTHIA, HERWIG, Protos და TopRex პროგრამა გენერატორების საშუალებით დაგენერირებულ იქნა ყოველი დაშლისათვის 80 000 სიგნალის შემთხვევები. შეიქმნა შემთხვევების ანალიზისათვის ობიექტების მონაცემები (The Analysis Object Data -AOD) - AOD.პოოლ.როოტ ფორმატში. ეს ფაილები შეიცავენ იზოლირებული ელექტრონების, მიონების, ჭავლების, ნაკლული განივი ენერგიების ე.წ. კონტეინერებს, რომლებშიც მოთავსებულია ურთიერთქმედების კინემატიკური ცვლადები და ეს ცვლადები გამოიყენება სასურველი შემთხვევების ასარჩევად და შემდგომი ფიზიკური ანალიზისათვის. ATHENA-ს ფარგლებში შეიქმნა  $c^{++}$  ენაზე პროგრამა სიგნალის და ფონური პროცესების ანალიზისათვის.

კინემატიკური კრიტერიუმების თანმიმდევრული დადების მეთოდი იქნა გამოყენებული  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$ ,  $t \rightarrow Hq \rightarrow bb^- j$  და  $t \rightarrow Hq \rightarrow WW^* j$  დაშლების ფარდობითი ალბათობების შესაფასებლად. სიგნალიდან ფონური პროცესების გამოსარიცხად თანმიმდევრულად გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა კინემატიკური კრიტერიუმები.

1.  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$  დაშლის არხში ყველა შემთხვევისათვის მოთხოვნილ იქნა 3 ლეპტონი საბოლოო მდგომარეობაში განივი იმპულსით  $p_{\perp}^{l} > 20$  GeV გევი/ც, ერთი  $b$  და ერთი მსუბუქი ჭავლები განივი იმპულსით  $p_{\perp}^{jet} > 40$  გევი/ც, განივი ნაკლული იმპულსი  $p_{\perp}^{miss} > 30$  გევი/ც,  $Z$  ბოზონის მასის აღდგენა  $m_{ll} \pm 6$  გევი მასურ ფანჯარაში, არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით (FCNC) დაშლილი ტოპ კვარკის მასის აღდგენა  $m_{t(llj)} \pm 24$  გევი მასურ ფანჯარაში და სტანდარტული მოდელით დაშვებით დაშლილი ტოპ კვარკის მასის აღდგენა  $m_{t(llj)} \pm 24$  გევი მასურ ფანჯარაში.



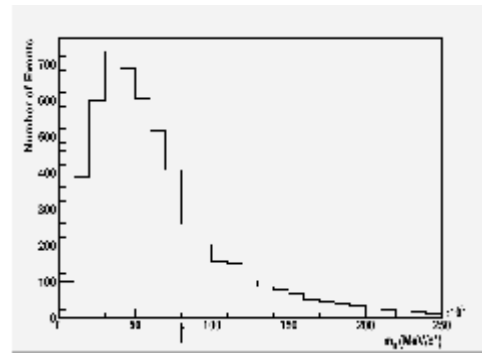
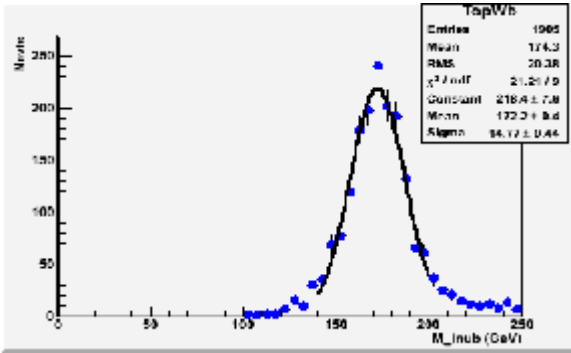
ნახ. 1. ლეპტონური წყვილებისათვის აღდგენილი ინვარიანტული მასის  $m_{ll}$  განაწილება



ნახ. 2.  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$ —ს აღდგენილი ინვარიანტული განაწილება  $llj$  მასის საუკეთესო კომბინაციებისათვის

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია სიგნალის შემთხვევებისათვის ლეპტონური  $ll$  წყვილების აღდგენილი ინვარიანტული მასა  $m_{ll}$  ყველა დილეპტონური კომბინაციებისათვის, ხოლო ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია სიგნალის შემთხვევებისათვის აღდგენილი  $m_{llj}$  ინვარიანტული მასის განაწილება  $llj$  საუკეთესო კომბინაციებისათვის.

$t \rightarrow Hq \rightarrow bb^- j$  დაშლის არხის გამოსაყოფად მოთხოვნილი კრიტერიუმების საფუძველზე აღდგენილ იქნა ტოპ კვარკის ინვარიანტული მასის განაწილება ლიზჟეტ-ს საუკეთესო კომბინაციებისათვის, რომელიც მოცემულია ნახ.3-ზე.



ნახ. 3  $t \rightarrow Wb \rightarrow l\nu_b$  აღდგენილი ინვარიანტული მასის განაწილება  $l\nu_b$  საუკეთესო კომბინაციებისათვის

ნახ. 4 სიგნალის შემთხვევათა განაწილება  $ll$  ინვარიანტული მასის მიხედვით  $m_H = 150 \text{ GeV}/c^2$  მასისათვის

ATLAS ექსპერიმენტის მგრძობიარობა  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$ ,  $t \rightarrow Hq \rightarrow bb^-j$  და  $t \rightarrow Hq \rightarrow WW^*j$  დაშლების ფარდობითი ალბათობების (BR) მიმართ  $5\sigma$  შეცდომის სიზუსტით შეფასებულ იქნა შემდეგი ფორმულით:

$$Br = \frac{5\sqrt{B\varepsilon_l}}{2L\sigma(tt_{sm})\varepsilon_l\varepsilon_l}$$

სადაც  $\sigma(tt_{sm}) = 833 \text{ pb}$  არის  $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$  ენერჯის  $pp$  დაჯახებებში  $tt$ -წყვილური დაბადების კვეთა,  $B$  არის ფონური შემთხვევების რიცხვი,  $\varepsilon_l$  სიგნალის დაკვირვების ეფექტურობა,  $\varepsilon_l = 0.95$  დამუხტული ლეპტონების დამზერის ეფექტურობა (სადაც  $n$  არის ამ ლეპტონთა რიცხვი), ხოლო მნიშვნელში რიცხვი ორი ტოპ და ანტიტოპ კვარკების დაშლის ერთნაირი ალბათობის შედეგია. შედეგები მოყვანილია ცხრილებში 1÷4.

ცხრილი 1. ATLAS ექსპერიმენტის მგრძობიარობა  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$  დაშლის ალბათობის მიმართ

დაშლის არხი	$M_{top}$	გენერაცია/სიმულაცია	BR( $L=10 \text{ fb}^{-1}$ )	BR( $L=100 \text{ fb}^{-1}$ )
$t \rightarrow Zq \rightarrow llj$	160 GeV	TopRex/Atlfast	$0.99 \times 10^{-2}$	$3.16 \times 10^{-3}$
	172.5 GeV	TopRex/Atlfast	$1.05 \times 10^{-2}$	$3.33 \times 10^{-3}$
	180 GeV	TopRex/Atlfast	$1.20 \times 10^{-2}$	$3.79 \times 10^{-3}$

ცხრილი 2. ATLAS ექსპერიმენტის მგრძობიარობა  $t \rightarrow Hq \rightarrow bb^-j$  დაშლის ალბათობის მიმართ

დაშლის არხი	გენერაცია/სიმულაცია	BR( $L=10 \text{ fb}^{-1}$ )	BR( $L=100 \text{ fb}^{-1}$ )
$t \rightarrow Hq \rightarrow bb^-j$ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების( $tt$ )	PYTHIA/Atlfast	$1.45 \times 10^{-2}$	$4.58 \times 10^{-3}$

წყვილურ დაბადებაში			
$t \rightarrow Hq \rightarrow bb^{-j}$ ეული ტოპ კვარკის დაბადებაში	PYTHIA/Atlfast	$6.25 \times 10^{-1}$	$1.31 \times 10^{-1}$

ცხრილი 3. ATLAS ექსპერიმენტის მგრძნობიარობა  $t \rightarrow Hq \rightarrow bb^{-j}$  დაშლის ალბათობის მიმართ.

დაშლის არხი	$m_{top}$ (გევი)	გენერაცია/სიმულაცია	BR(L=50 pb)	BR(L= 200 pb)
$t \rightarrow Hq \rightarrow bb^{-j}$	160	Protos/Atlfast	$5.8 \times 10^{-1}$	$2.9 \times 10^{-1}$
		PYTHIA/Atlfast	$5.6 \times 10^{-1}$	$2.9 \times 10^{-1}$
	172.5	Protos/Atlfast	$4.4 \times 10^{-1}$	$2.2 \times 10^{-1}$
		PYTHIA/Atlfast	$4.8 \times 10^{-1}$	$2.4 \times 10^{-1}$
	180	Protos/Atlfast	$4.0 \times 10^{-1}$	$2.0 \times 10^{-1}$
		PYTHIA/Atlfast	$4.2 \times 10^{-1}$	$2.4 \times 10^{-1}$

ცხრილი 4. ATLAS ექსპერიმენტის მგრძნობიარობა  $t \rightarrow Hq \rightarrow WW^*$  დაშლის ალბათობის მიმართ.

დაშლის არხი	$m_H$ (გევი)	გენერაცია /სიმულაცია	BR(L=10fb <sup>-1</sup> )	BR(L=100fb <sup>-1</sup> )	
$t \rightarrow Hq \rightarrow WW^*$	წყვილური არხი	150	PYTHIA/Atlfast	$3.39 \times 10^{-3}$	$1.07 \times 10^{-3}$
	ეული არხი			$1.89 \times 10^{-1}$	$5.90 \times 10^{-2}$
	წყვილური არხი	160	PYTHIA/Atlfast	$3.00 \times 10^{-3}$	$0.99 \times 10^{-3}$
	ეული არხი			$1.02 \times 10^{-1}$	$4.30 \times 10^{-2}$

**მიღებული შედეგები:**

შესწავლილ იქნა ATLAS ექსპერიმენტის მგრძნობიარობა არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით (FCNC) მიმდინარე ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლების  $t \rightarrow Zq \rightarrow llj$  (სადაც  $q$  წარმოადგენს  $u$  და  $c$  კვარკებს),  $t \rightarrow Hq \rightarrow bb^{-j}$  ( $M_{m_H} = 120$  GeV) და  $t \rightarrow Hq \rightarrow WW^*$  ( $m_H = 150, 160$  GeV) მიმართ ტოპ-ანტიტოპ კვარკების როგორ ( $t\bar{t}$ ) წყვილურ, ისე ტოპ კვარკის ეულ დაბადებაში სხვადასხვა მასათა ცენტრის ენერგიისათვის  $\sqrt{s} = 14, 10, 7$  ტევი.

ჩატარებული ანალიზის შედეგად ტოპ კვარკის FCNC დაშლებისათვის მიღებული ფარდობითი ალბათობები, რამოდენიმე რიგით უკეთესია ვიდრე არსებული ექსპერიმენტებიდან მიღებული საზღვრები.

ლიტერატურა.

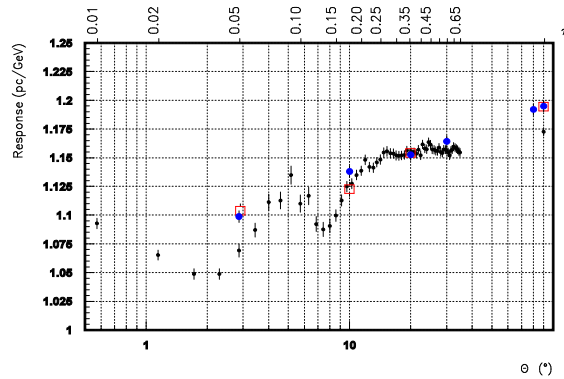
1. “Testbeam Studies of Production Modules of the ATLAS Tile Calorimeter”  
ATL-TILECAL-PUB-2009-002; ATL-COM-TILECAL-2009-004.- Geneva : CERN,  
2009 - 73 p; *Nuclear Instruments and Methods, A606, (2009), p.362-394*  
P. Adragna , T.Djobava...,A. Henriques,...,J.Khubua,...I.Minashvili,..M.Mosidze et al
2. “Study of the response of the ATLAS central calorimeter to pions of energies  
from 3 to 9 GeV”. Nucl.Instrum.Meth.A607:372-386,2009.  
T.Djobava...,A.Henriques,...,J.Khubua, G. Mchedlidze, I.Minashvili,..M.Mosidze et al
3. “Calibration of ATLAS Tile Calorimeter at Electromagnetic Scale”.  
ATL-TILECAL-PUB-2009-001, Geneva:CERN, 2009, 21p  
K.J. Anderson,..., T.Djobava...,A. Henriques,...,M.Mosidze et al
- 4.. “Expected Performance of the ATLAS Experiment - Detector, Trigger and Physics”.  
e-Print: arXiv:0901.0512 [hep-exp], Jan 2009. 1852pp.  
G. Aad ,...G.Arabidze,.. L.Chikovani,...T.Djobava,... A.Henriques Correia,...  
J.Khubua,.. I.Minashvili,.. M.Mosidze , ...et al
5. “ATLAS Sensitivity to the Flavour Changing Neutral Currents Decay  $t \rightarrow Hq$  ( $H \rightarrow bb$ )”.  
Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences “Moambe” v2, №2, 2009  
L. Chikovani , T. Djobava , M. Mosidze , G. Mchedlidze, V. Tsiskaridze
6. “Study of ATLAS Tile Calorimeter Energy Resolution, Linearity and Sampling  
Fraction at Electromagnetic Scale”.  
Georgian Electronic Scientific Journals: Physics No 1, 2009 , p. 41-53  
Tamar Djobava , Ana Henriques-Coreira, Maia Mosidze , Gvantsa Mchedlidze

## 2. ATLAS ექსპერიმენტის ტაილ კალორიმეტრის მახასიათებლების შესწავლა.

შესწავლილ იქნა 20GeV დამცემი ენერგიის მქონე ელექტრონებისათვის და 20, 50, 100 და 180GeV ენერგიის მქონე პიონებისათვის ტაილ კალორიმეტრის ელექტრომაგნიტური გამოძახილის დამოკიდებულება ფსევდოსისწრაფეზე.

ამ მიზნით ATLAS ექსპერიმენტის პროგრამული უზრუნველყოფის სისტემის Aტჰენა 13.0.30-ს ფარგლებში დაგენერირებულ იქნა შემთხვევები მონტე-კარლო გენერატორის საშუალებით, რომლებიც შემდეგ გატარებულ იქნა დანადგარის სიმულაციის პროგრამა GEANT 4.8.3-ში (ჩართული იყო ახალი გაფანტვის მოდელი). მონაცემების დამუშავების და ანალიზის შედეგად მიღებულ იქნა ტაილ კალორიმეტრის ელექტრომაგნიტური გამოძახილის დამოკიდებულება ფსევდოსისწრაფეზე, რომელიც N წარმოდგენილია ნახ. 5-ზე 20GeV ენერგიის მქონე ელექტრონებისათვის. ამიღებული შედეგები შედარებულ იქნა 2004 წელს ჩატარებული ტესტური დასხივების დროს მიღებული ექსპერიმენტული

მონაცემების ანალიზის შედეგებთან და GEANT 4.7-ით მიღებულ მონტე-კარლო სიმულაციის ძველ შედეგებთან.



ნახ.5. 20 GeV ენერგიის მქონე ელექტრონების გამოძახილის დამოკიდებულება η ფსევდოსისრაფეზე და დაცემის θ კუთხეზე. შავი რგოლები-ჩვენი შედეგები, წითელი ოთხკუთხედეები – ექსპერიმენტული მონაცემები – CTB2004 -2004 წლის კომბინირებული კალორიმეტრის ტესტური დასხივების შედეგად მიღებული და ლურჯი რგოლები - GEANT 4.7 -ით მიღებული მონტე-კარლო სიმულაციის შედეგები.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ელექტრონების გამოძახილის ფლუქტუაცია დამოკიდებულია ფსევდოსისწრაფეზე, მიღებული შედეგები კი თანხვედრაშია ექსპერიმენტულ და GEANT 4.7 -ით მიღებულ შედეგებთან. პიონებისათვის გამოძახილი შედარებით უფრო სუსტად არის დამოკიდებული ფსევდოსისწრაფეზე.

#### ლიტერატურა

1. Readiness of the ATLAS Liquid Argon Calorimeter for LHC Collisions  
G. Aad ,...G.Arabidze,.. L.Chikovani,...T.Djobava,... A.Henriques Correira,  
J.Khubua, .I.Minashvili,..G.Mchedlidze,...M.Mosidze , ... et al, To be  
submitted to: EPJC

#### მიმართულება 3 : რელატივისტური იონების ფიზიკა

თემა: “კოლექტიური გამოდინების ფენომენის ექსპერიმენტული შესწავლა ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში“

თემის ხელმძღვანელი: ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტორი, პროფ. იური თევზაძე

მონაწილეები: ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტორი ვახტანგ გარსევანიშვილი, ფიზ. მათ.

მეცნ. კანდიდატები ლიდა ჩხაიძე, ლალი ხარხელაური, ლიანა აბესალაშვილი, თეიმურაზ ჯალაღანია, მეცნიერ-მკვლევარი ლალი ახოზაძე

2009 წელს დაგეგმილი სამეცნიერო კვლევების თანახმად შესწავლილ იქნა შემდეგი ამოცანები:

ამოცანა 1: კოლექტიური ეფექტების შესწავლა ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში  
3.4 გევ/ნუკლ ენერგიაზე

ექსპერიმენტული მასალა მიღებულია ქ. დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის (JINR) მაღალი ენერგიების ლაბორატორიაში ფილმურ დეტექტორზე (პროპანის ორმეტრიანი ბუმტოვანი კამერა \_ PBC 500).  
4.2 გევ/ნუკლ იმპულსით C-C დაჯახებებში დაბადებული უცნაური ნაწილაკების, კერძოდ  $\Lambda$ -ჰიპერონების კოლექტიური ეფექტების შესწავლისას განივი იმპულსებით ანალიზის მეთოდის გამოყენებით:

- მიღებულ იქნა  $\Lambda$ -ჰიპერონებისა და ასოციატიურად დაბადებული პროტონებისათვის მიმართული განივი და ელიფსური გამოდინებები. დამზერილ იქნა  $\Lambda$ -ჰიპერონებისა და პროტონების მიმართული განივი გამოდინებების თანხვედრა. დადგენილ იქნა, რომ მგგ-ის პარამეტრი  $F = -99 \pm 15$  და  $108 \pm 11$  (მევ/ც), ხოლო ეგ-ის ანიზოტროპიული გამოსხივების კოეფიციენტი  $a_2 = -0.062 \pm 0.031$  და  $-0.049 \pm 0.018$   $\Lambda$  ჰიპერონებისა და ასოციატიურად დაბადებული პროტონებისათვის, შესაბამისად. პროტონებისათვის (C-C ნახევრად ცენტრალურ დაჯახებებში, 10441 შემთხვევა)  $F = 113 \pm 10$  მევ/ც.
- მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები აღიწერა კვარკ გლუონური სიმური მოდელით (QGSM)  $\Lambda$ -ისა და თანმხლები პროტონებისათვის მიმართული განივი და ელიფსური გამოდინებებისათვის. ორივე ეფექტისათვის მიღებული იქნა კარგი თანხვედრა. გამოდინების პარამეტრი  $F = 97 \pm 8$  და  $108 \pm 8$  (მევ/ც), ხოლო ანიზოტროპიის კოეფიციენტი  $a_2 = -0.058 \pm 0.017$  და  $-0.047 \pm 0.008$   $\Lambda$ -ჰიპერონებისა და ასოციატიურად დაბადებული პროტონებისათვის, შესაბამისად.

ჩატარებულ იქნა  $\Lambda$ -ჰიპერონებისა და თანმხლები  $\pi^-$ -მეზონების  $E_k$ -კინეტიკური ენერგიისა და  $p^\perp$ -განივი იმპულსის სპექტრების ანალიზი ამ ნაწილაკების ტემპერატურების შესაფასებლად C-C და Mg-Mg ურთიერთქმედებებში:

- $\Lambda$  -ჰიპერონების ტემპერატურები C-C და Mg-Mg დაჯახებებისათვის  $T_\Lambda$  (Mg)  $>$   $T_\Lambda$  (C);  $(105 \pm 7)$  მევ ( $P_T$ ) და  $(111 \pm 7)$  მევ ( $E_k$ ) C-C დაჯახებებში,  $(140.1 \pm 3.2)$  მევ ( $P_T$ ) და  $(143.77 \pm 5)$  მევ ( $E_k$ ) -- Mg-Mg დაჯახებებში.
- C-C დაჯახებებში  $\pi^-$ -მეზონების კინეტიკური ენერგიით განაწილებები აღიწერება ერთი ექსპონენტით, ხოლო Mg-Mg -ში -- ორი ექსპონენტით; ორი ექსპონენტა ასახავს პიონების წარმოქმნის ორ პროცესს პირდაპირ დაბადებას და რეზონანსების დაშლის პროდუქტებს.

- $\Lambda$ -ჰიპერონებთან შედარებით ნაკლები ტემპერატურები იქნა მიღებული  $\pi^-$ -მეზონებისათვის. ასევე,  $\Lambda$ -ჰიპერონებთან ერთად და მათ გარეშე დაბადებული  $\pi^-$ -მეზონების ტემპერატურები თანხმობაშია ცდომილების ფარგლებში.

მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები კარგად აღიწერება კვარკ გლუონური სიმური მოდელით (QGSM).

ამოცანა 2 : მეორადი ადრონების მახასიათებლების შესწავლა ცენტრალურ და პერიფერიულ dTa, HeTa და CTa დაჯახებებში (პირველადი იმპულსი 4.2AGeV/cდროს).

ექსპერიმენტული მასალა მიღებულია ქ. დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის მაღალი ენერგიების ლაბორატორიაში (ბკგი მელ) პროპანის 2-მეტრიანი ბუმტოვანი კამერის PBC-500 საშუალებით.

შეისწავლებოდა CTa-ნახშირბად-ტანტალის, HHeTa-ჰელიუმ-ტანტალის და dTa-დეიტონ-ტანტალის დაჯახებებში დაბადებული  $\pi^-$ -მეზონებისა და p-პროტონების საშუალო მახასიათებლები. შედარებულია ერთმანეთთან ცენტრალურ და არაცენტრალურ დაჯახებებში დაბადებული ნაწილაკების მახასიათებლები.

სამუშაოს ერთ-ერთი მთავარი მიზანი იყო სრული არადრეკადი ურთიერთქმედებებიდან ცენტრალურების გამოყოფა. განცალკევა ხდება ნაწილაკების საშუალო მრავლობითობის და სრული განივი ენერჯის გამოყენებით. ორივე მიდგომით ცდომილების ფარგლებში მიიღება ერთიდაიგივე შედეგი. გამოყენებული მეთოდიკის ადეკვატურობაზე მიუთითებს ის რომ მეორადი ნაწილაკების საშუალო მახასიათებლები ცენტრალურ და არაცენტრალურ დაჯახებებში ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდებიან.

დადგინდა, რომ

1. c-ცენტრალური დაჯახებები შეადგენენ მთელი არადრეკადი შემთხვევების 14%-ს (CTa-ურთიერთქმედებებისათვის), 12%-ს (HeTa-ურთიერთქმედებებისათვის) და 9%-ს (dTa-სათვის);
2.  $\pi^-$ -მეზონების საშუალო მახასიათებლები დამცემი ბირთვის მასისაგან სუსტად ან სრულიად არ არიან დამოკიდებულები (განსხვავებით p-პროტონებისაგან (dTa- დაჯახებებში დაბადებული p-პროტონების მახასიათებლები მკვეთრად განსხვავდებიან CTa და HeTa-ში დაბადებული p-ის საშუალო მახასიათებლებისაგან));
3. T-ტემპერატურის მკვეთრი შემცირება გამოფრენის კუთხისაგან დაიკვირვება CTa-ცენტრალურ დაჯახებებში დაბადებული  $\pi^-$ -მეზონებისათვის;
4. CTa-ცენტრალურ დაჯახებებში დაბადებული p-პროტონების ტემპერატურა ყოველთვის მეტია, ვიდრე CTa-არაცენტრალურში დაბადებულისა.

ამოცანა 3: მრავლობითი პროცესების კვლევა ადრონ-ადრონულ, ადრონ-



ბირთვულ და ბირთვ-ბირთვულ ურთიერთქმედებებში მაღალ ენერგიებზე. რელატიური იონების დაჯახებებში დაბადებული ნაწილაკების დინამიკის შესწავლა.

P(Ar,Xe) ურთიერთქმედებებში (200 GeV/c) და  $E_{\text{I}} = (2.3, 4.3, 5.2) \text{ AGeV}$  ენერგიებზე (P,H,d,C)(C,Ta) დაჯახებებში დაბადებული დამუხტული ადრონების  $P_{n_{\pm}}$  და  $P_{n_{\pm}}$  მრავლობითობის განაწილებები გაანალიზებულია გლუონური დომინანტობისა (გდმ) და კლასტერ-კასკადური (კკმ) მოდელებით.

ჩატარებული გამოკვლევებიდან მიღებულია:

1. კლასტერთა საშუალო რიცხვი და კლასტერში ნაწილაკთა საშუალო რაოდენობა.
2. ერთნაირი ენერგიების შემთხვევაში აქტიური გლუონების საშუალო მრავლობითობა, გლუონისაგან ფორმირებული მეორადი ადრონების მაქსიმალური შესაძლო რაოდენობა და მათი საშუალო მრავლობითობა უფრო მეტია ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებსა და ანჰილაციურ პროცესებში, ვიდრე ადრონ-ადრონულ ურთიერთქმედებებში.
3. დამჯახებელი ნაწილაკების ენერგიის ზრდასთან ერთად იზრდება აქტიური გლუონების საშუალო მრავლობითობა ყველა განხილულ ურთიერთქმედებებში.

გამოქვეყნებული შრომები:

1. Anisotropic Collective Flow of Lambda Hyperons Produced in C+C Collisions at 4.2 AGeV/c. L. Chkhaidze (Tbilisi State U.), P. Danielewicz (Michigan State U., NSCL), T. Djobava, L. Kharkhelaury (Tbilisi State U.), E. Kladnitskaya (Dubna, IINR); Nucl.Phys.A 831:22-38,2009; nucl-ex/0904.0680.
2. Comparative analysis of the average characteristics of protons and  $\pi$  - mesons produced in noncentral and semicentral CTa-collisions at the momentum of 4.2 AGeV/c. L. Akhobadze, V. Garsevanishvili, Y. Tevzadze. GESJ-Georgian Scientific Electronic Journal. 2009 #1(1). Tbilisi.
3. Description of Multiparticle Production by Gluon-Dominant Model. L. N. Abesalashvili, L. T. Akhobadze  
Published in Phys. Atom. Nucl. 72:97-104,2009

გამოსაქვეყნებლად მომზადებული შრომები:

1. Comparative analysis of temperature characteristics of Lambda Hyperons and negative pions Produced in C+C and Mg-Mg Collisions at 4.2 AGeV/c. L. Chkhaidze (Tbilisi State U.), T. Djobava, L. Kharkhelaury (Tbilisi State U.), E. Kladnitskaya (Dubna, IINR); გაიგზავნება Phys. Atom. Nucl.
2. The estimation of temperatures of  $\text{He}^3$  and stripping protons in d-C, He-C and C-c interactions at 4.2 A GeV/c. L. Chkhaidze (Tbilisi State U.), T. Djobava, L. Kharkhelaury (Tbilisi State U.), E. Kladnitskaya (Dubna, IINR);

გაიგზავნება Bull. of Georg. Acad. of Scie. "Moambe".

3. მაღალ ენერგიებზე ნაწილაკების დაჯახებისას დაბადებული დამუხტული ადრონების მრავლობითობის განაწილებების მოდელური ანალიზი.  
ლ. აბესალაშვილი, ლ. ახოზაძე, ი. თევზაძე, თ. ჯალაღანია. GESI-ში.

### თეორიული კვლევები

#### მიმართულება 1 : სპინის ფიზიკა (თეორია)

თემა: "ღრმად\_არადრეკადი პროცესები და პოლარიზაციული მოვლენები. დინამიკური სიმეტრიები და კვანტური მექანიკის თვითშეუღლებული გაფართოება".

თემის ხელმძღვანელი: ფიზ. მათ. მეც. დოქტორი, პროფ. ანზორ ხელაშვილი  
მონაწილეები: ფიზ. მათ. მეც. კანდიდატი თეიმურაზ ნადარეიშვილი, ფიზ. მათ. მეც. დოქტორი ზაქარია მერებაშვილი, თამარ ხაჩიძე

მსოფლიოს წამყვან ექსპერიმენტალურ ლაბორატორიებში მიღწეული მაღალი პრეციზიული გაზომვები გვაძლავს შევისწავლოთ მაღალი (წამყვანის შემდგომი) რიგის ეფექტები თანამედროვე ნაწილაკთა ფიზიკის ფენომენოლოგიაში. ეს ნიშნავს ველის კვანტური თეორიის მეთოდების სათანადო განვითარებას პროცესების კვთების დასათვლელად, განსაკუთრებით კვანტურ ქრომოდინამიკაში, სპინზე დამოკიდებული მოვლენების შესწავლის მეთოდების შემდგომ დამუშავებას.

სხვადასხვა მძიმე კვარკების დაბადების მექანიზმებს ამ თეორიის ფარგლებში აქამდე იკვლევდნენ წამყვან მიახლოებაში ბორნის წევრების დონეზე. ახლახან გამოჩნდა ნაშრომები, რომლებშიც არის მცდელობა მაღალი რიგის ფეინმანის დიაგრამების გათვალისწინებისა კვარკებისა და გლუონების ჭავლების შესასწავლად, სხვადასხვა განაწილების სტრუქტურული ფუნქციების გასაანალიზებლად.

დამუხრუჭებითი გამოსხივებით გამოწვეული დაბადების რეაქციების გამოთვლა ჩვენი ამოცანაცაა.

წელს ამ მიმართულებით გამოთვლილია პოლარიზებული და არაპოლარიზებული ფოტონების დაჯახებით მძიმე კვარკების დაბადების წვლილი კვთაში კვანტური ქრომოდინამიკის რიგში. კერძოდ, მიღებულია ანალიზური შედეგები სრული სპინის პროექციით 0,2 და -2. შედგენილია კომპიუტერული პაკეტი "MATHEMATICA" ფორმატში სრული კვთების გამოსათვლელად.

$B\bar{B}$  და  $\pi\pi$  დაბადების პროცესებში წამყვანის მომდევნო რიგში გამოთვლებით მიღებულია შუალედური მასის სტანდარტული მოდელის ჰიგსის ბოზონის დაბადების კვთა. განხილულია ფენომენოლოგიური გამოყენებანი. შედეგები მიღებულია Maტჰემატიკა პროგრამით.

შედეგები გამოქვეყნებულია შრომაში:

Heavy-quark pair production in polarized photon-photon collisions at next-to-leading order: Fully integrated total cross sections.

B.A. Kniehl, A.V. Kotikov, Z.V. Merebashvili, O.L. Veretin, (Hamburg U.) DESY-09-070, MPhys. Rev. D79:114032, 2009.

e-Print: arXiv:0905.1649 [hep-ph]

დადგინდა, რომ დირაკის განტოლებაში ლაპლას-რუნგე-ლენცის ვექტორის შესაბამისი ოპერატორი მონაწილეობს სპინის თავისუფლების ხარისხების გარდაქმნაში როგორც ვიტენის სუპერალგებრის ერთ-ერთი გენერატორი. დამტკიცებულია, რომ დირაკის K- და ლიპმან-ჯონსონის ოპერატორებზე დამყარებული ვიტენის S(2) სუპერალგებრა წარმოადგენს კულონური პოტენციალის წარმოშობის საფუძველს.

განხილულია N=2 სუპერსიმეტრია დირაკის განტოლებისათვის ნებისმიერ განზომილებაში. მიღებულია ახალი თვალსაზრისი კულონის პოტენციალზე. ბოლოს მონოგრაფიაში შეჯამებულია ძირითადი შედეგები, რომლებიც მიღებული იყო სხვადასხვა დროს კლასიკურ და კვანტურ მექანიკაში ფარული ანუ დინამიკური სიმეტრიების თვალსაზრისით. ძირითადი ყურადღება მიქცეულია კვლერ-კულონის პრობლემისადმი და ნაჩვენებია სუპერსიმეტრიის მნიშვნელობა კულონური პოტენციალების გააზრებისთვის.

შედეგები გამოქვეყნებულია შრომებში:

1. მონოგრაფია ინგლისურ ენაზე ნიუ იორკში T.Khachidze and A.Khelashvili, “Dynamical Symmetries in the Coulomb-Kepler Problem in Classical and Quantum Mechanics: Nonrelativistic and Relativistic”, NOVA PUBLISHERS, NEW YORK.

2. A.Khelashvili. “Why the Coulomb Potential ?”.

იბეჭდება ჟურნალში “Applied and Computational Mathematics”.(International Journal).

(დეკემბერი) იხილეთ: [www.science](http://www.science)

3. Anzor Khelashvili, Tamar Khachidze arXiv:0902.1122 [hep-th]

“Coulomb Potential and Witten's Superalgebra”.

იხილეთ: <http://xxx.lanl.gov/abs/0902.11242>

ცნობილია, რომ სათავეში მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული პოტენციალებისათვის საჭიროა თვითგაფართოების პროცედურის შესწავლა და ბმული მდგომარეობების და გაფანტვის ამოცანების ფიზიკური სიდიდეების (ენერგია, გაფანტვის კვეთა, გაფანტვის სიგრძე და ა.შ.) თვითშეუღლების პარამეტრზე დამოკიდებულების გამოკვლევა შრედინგერის და სხვადასხვა რელატივისტურ განტოლებებში.

ამ ამოცანების კვლევის მიმართულებით წელს შესწავლილი იქნა მანძილის კვადრატის უკუპროპორციული სინგულარული პოტენციალებისათვის თვითშეუღლებული გაფართოების პრობლემა შრედინგერის განტოლებაში.

მიღებულია გაფართოების პარამეტრის გარკვეული შეზღუდვები ფიზიკური მოთხოვნებიდან გამომდინარე. მიღებულია ჰიპერვირიალური თეორემა ნებისმიერი მეორე რიგის დიფერენციალური განტოლებისათვის და განზოგადებულია ვირიალის თეორემა სინგულარული პოტენციალებისათვის.

მოდულირებულია ფეინმან-ჰელმანის თეორემა. შესწავლილია გაფანტვის ამოცანების ფიზიკური მახასიათებელი სიდიდეების (გაფანტვის ფაზა, გაფანტვის სიგრძე, გაფანტვის ეფექტური რადიუსი) დამოკიდებულება თვითშეუღლებული გაფართოების პარამეტრზე. ნაჩვენებია, რომ მანძილის კვადრატის უკოპროპორციული პოტენციალისათვის, გაფანტვის ფაზა ენერგიაზე დამოკიდებული გამოდის. სავალენტო ელექტრონის მოდელის ფარგლებში მოდიფიცირებულია რეზეფორდის ფორმულა.

შედეგები გამოქვეყნებულია შრომებში:

1. T. Nadareishvili, A. Khelashvili. "Some Problems of Self-Adjoint Extension in the Schrodinger equation". arXiv:0903.0234. (math - ph).  
იხილეთ: <http://xxx.lanl.gov/abs/0903.0234>  
გადაცემულია დასაბეჭდად ჟურნალში Journal of Physics A (Mathematical and Theoretical). IOP Journal. United Kingdom.
2. A. Khelashvili. "Why the Coulomb Potential?".  
გადაცემულია დასაბეჭდად ჟურნალში "Applied and Computational Mathematics". (International Journal). ixileT: www.science.
3. T. Nadareishvili, A. Khelashvili. "Generalization of Hypervirial and Feynman-Hellmann Theorems for Singular Potentials". Arxiv: hep - th . /0907.1824.  
იხილეთ: <http://xxx.lanl.gov/abs/0907.1824>
4. თ. ნადარეიშვილი, ა. ხელაშვილი. "სინგულარული ამოხსნები გაფანტვის ამოცანებში".
5. Anzor Khelashvili, Tamar Khachidze, arXiv:0902.1122 [hep-th]  
"Coulomb Potential and Witten's Superalgebra".  
იხილეთ: <http://xxx.lanl.gov/abs/0902.1124>

## მიმართულება 2: ადრონთა კვარკული სტრუქტურა

თემა: "სამკვარკიანი ბმული სისტემების (ბარიონების) შესწავლა"

თემის ხელმძღვანელი: აკადემიკოსი თეიმურაზ კოპალეიშვილი

მონაწილეები: ფიზ. მათ. მეც. კანდიდატები: თამარ ბაბუციძე, ვაჟა სხირტლაძე

კვლევის საგანი: სამკვარკიანი სისტემები (N, Σ, Λ, Ξ, Δ, Ω ბარიონები), მათი მასა-თა სპექტრი, ფორმ-ფაქტორები და დაშლები.

კვლევის მეთოდოლოგია, ინსტრუ-მენტი: ლორენც-ინვარიანტული 3-განზომილები-ანი სოლპიტერის განტოლება.

კვლევის სირთულეები დაკავშირებულია ორ ძირითად გარემოებასთან:

*პირველი*, კვანტური ქრომოდინამიკა არ იძლევა სოლპიტერის განტოლების გულის აგების ცალსახა საშუალებას. ეს გული ასახავს დატყვევებული კვარკების

ურთიერთ-ქმედებას (კონფაინმენტი) და მისი შერჩევა ხდება “ხელით”. მეორე, სამი ნაწილაკის ამოცანის ამოხსნა რელატივიზმის გათვალისწინებით დიდ ანალიტიკურ და რიცხობრივ სირთულეებთან არის დაკავშირებული.

დღეისათვის სოლპიტერის განტოლებაში შემავალი 64-კომპონენტური სპინორი ე.წ. სტაბილობის პირობის გამოყენებით დაყვანილია ორ 8-კომპონენტურ სპინორზე. დადგენილია ამ სპინორების აგების სრული წესი. ასევე მათთვის მიღებულია განტოლებათა სისტემა. მიმდინარეობს ამ სისტემაში შემავალი მატრიცული ელემენტების დათვლა 3-ნაწილაკოვანი K-ჰარმონიკებისა და კოლექტიურ ცვლადზე დამოკიდებული ოსცილატორული ფუნქციების გამოყენებით.

### მიმართულება 3: არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენები

თემა: “B-მეზონების იშვიათი დაშლები”

თემის ხელმძღვანელი: გ. ფიშ. მათ. მეც. სოქტორი, ასისტენტ პროფ. გელა დევიძე  
 მონაწილეები: ფიშ. მათ. მეც. კანდიდატები აკაკი ლიპარტელიანი, ვახტანგ ქართველიშვილი

საანგარიშო პერიოდში შესწავლილ იქნა ნეიტრალური ბოზონების ორფოტონიანი იშვიათი დაშლები აპელქვისტ-ჩენგ-დობრესკუს (აჩდ) უნივერსალურ დამატებით განზომილებიან მოდელში. არომატის შემცვლელი ნეიტრალური დენებით ინსპირირებული იშვიათი დაშლები სტანდარტულ მოდელში მიმდინარეობს მინიმუმ, ერთმარყუჟიან დონეზე და შესაბამისად, ძლიერადაა ჩახშობილი. ასეთი ტიპის პროცესები ძალიან მგრძნობიარენი არიან სტანდარტულ მოდელს მიღმა მოსალოდნელი ფიზიკის (ახალი ფიზიკის) მიმართ. იშვიათ პროცესებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ ნეიტრალური ბოზონების ორფოტონიან დაშლებს მათი უნიკალურად სუფთა ექსპერიმენტული სიგნატურის გამო.

გამოკვლევულ იქნა შესაძლო შესწორებები კვარკულ დონეზე მიმდინარე  $b \rightarrow s(d)\gamma\gamma$  პროცესისათვის ძირითად  $\frac{1}{M_W^2}$  რიგში. კვარკული დონის პროცესი  $b \rightarrow s(d)\gamma\gamma$  იწვევს ექსკლუზიურ პროცესს  $B \rightarrow \gamma\gamma$ .  $b \rightarrow s(d)\gamma\gamma$ . კვლევისას მიღებული შედეგები მივუსადაგეთ ფიზიკურად დაკვირვებად  $B \rightarrow \gamma\gamma$  პროცესს. ჩვენ გამოვიყენეთ ეფექტური ჰამილტონიანი  $b \rightarrow s(d)\gamma\gamma$  პროცესისათვის. ძირითად  $(\frac{1}{M_W^2})$  რიგში ერთფოტონიანი დაშლის ეფექტური ჰამილტონიანი აღწერს ორფოტონიანემთხვევა ორფოტონიანი დაშლას, რაც ცხადი ხდება მოძრაობის განტოლებათა გამოყენებით.

“სრულ” ელექტროსუსტ თეორიაში ჩატარებული გამოთვლები შევუსაბამეთ ეფექტური ჰამილტონიანიდან მიღებულ შედეგებს და მივიღეთ ანალიზური გამოსახულება ვილსონის კოეფიციენტისათვის  $C_7(M_W)$ . დაუყვანად

დიაგრამებს ნეიტრალური მეზონების ორფოტონიან დაშლებში  $\frac{1}{M_W^2}$  რიგში წვლილი არ შეაქვთ აჩდ მოდელში (კალუცა-კლეინის კომპლექსის შესაბამისი მასები მეტია  $W$ - ბოზონის მასაზე, რის გამოც აჩდ მოდელში არ გვხვდება ე.წ. გაიარდის ტიპის დაუყვანადი დიაგრამები). ამ მიზეზით აჩდ მოდელში სმ-თან შედარებით მოდიფიცირებას განიცდის მხოლოდ  $C_7(M_W)$  ვილსონის კოეფიციენტი. რენორმ-ჯგუფის განტოლებების გამოყენებით  $W$ -სკალაზე მიღებული ვილსონის კოეფიციენტი  $C_7(M_W)$  გადავიანგარიშეთ  $B$  სკალისათვის. შედეგად გვაქვს:  $C_7(\mu_b) = 0.122$ , რაც კარგ თანხვედრაშია სხვა მეთოდით მიღებულ შედეგთან. ჩვენს მიერ აჩდ მოდელში მიღებული შედეგები ნეიტრალური  $B$  მეზონების ორფოტონიანი დაშლების ფარდობითი ალბათობებისათვის 30% -თ განსხვავდება სტანდარტულ მოდელში მიღებული შედეგებისაგან ( $Br(B_s \rightarrow \gamma\gamma)_{SM} \sim 10^{-7}$ ) კომპაქტიფიკაციის რადიუსის  $\frac{1}{R} \approx 300 GeV$  მნიშვნელობისათვის. თანამედროვე და უახლოეს მომავლის ექსპერიმენტებზე მოსალოდნელია  $10^{-7} - 10^{-8}$  რიგის მიღწევა. ასე, რომ 30%-იანი ცვლილება  $10^{-7}$  - ს დონეზე საგრძნობი იქნება აღნიშნული ექსპერიმენტებისათვის.

მიღებული შედეგები მოხსენებული იქნა საერთაშორისო კონფერენციაზე “Physics at Future Colliders”, საქართველოს მათემატიკოსთა ყრილობის ფიზიკის სექციაზე, ა.ხელაშვილის 70 წლისთავისადმი მიძღვნილ ფიზიკის სამეცნიერო კონფერენციაზე.

## ტექნიკური კვლევები

### მიმართულება 1 : ინფორმაციული ტექნოლოგიები

თემა: “GRID ინფრასტრუქტურის შექმნა და მისი გამოყენება მაღალი ენერგიების ფიზიკაში” და „ინსტიტუტის კომპიუტერული ქსელის განვითარება”

თემის ხელმძღვანელი: ფიზ. მათ. მეც. კანდიდატი ბადრი ჭილაძე

მონაწილეები: ც.იოსელიანი, ჯ.გეგია, ა.სიდელნიკოვი, ი.ტრეკოვი, ე.მაღრაძე

1. “GRID ინფრასტრუქტურის შექმნა და მისი გამოყენება მაღალი ენერგიების ფიზიკაში.”

მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტის თანამშრომლების ჯგუფის მიერ 2008 წლი ნოემბერში მიღებული იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო ცენტრის მიერ გაცემული გრანტი, რომელიც ითვალისწინებს GRID ინფრასტრუქტურის განვითარებას საქართველოში. ეს წარმოადგენს GRID ტექნოლოგიების საქართველოში დანერგვის ერთ-ერთ პირველ მცდელობას.

ჩვენს მიერ შემუშავდა GRID – კლასტერის კონფიგურაციის სქემა და ამის შესაბამისად შეირჩა აპარატურა. შერჩეული აპარატურა შეძენილი იქნა

საერთაშორისო სამეცნიერო ცენტრის მიერ და ინსტიტუტში მიღებული იქნა 2009 წლის აგვისტოს ბოლოს.

უნივერსალურ ღაცვ სადგამში მოთავსებული იქნა შვიდი ცალი ორპროცესორიანი ოთხბირთვიანი სათვლელი კვანძი WN (Work Node )8 კვტ. სიმძლავრის უწყვეტი კვების წყარო და 24 პორტიანი ნეტვორკინგ სწიტცკ-ი, რომლის საშუალებითაც სათვლელი სერვერები უკავშირდებიან ერთმანეთს და ინტერნეტს. უწყვეტი კვების წყარო სპეციალური გაყვანილობით მიუერთდა ცვლად დენს.

ცალკე დაიდგა File სერვერი და სამი ცალი ერთ პროცესორიანი სერვერი ისინი იმართებიან 8 პორტიანი KVM switch-ით მასთან მიერთებული 19 დიუმიანი LSD მონიტორით, კლავიატურით და მაუსით. ცხრილში მოყვანილია კომპიუტერების მახასიათებლები.

Node	Model	CPU	RAM	HD
SE	HP Prliant ML 150 Generation 5	Quad-Core Intel Xeon processor (2.8 GHz,); Integrated 2 x 6 MB L 2 cache	2 GB PC2-5300 Registered DIMMs (DDR2-667)	3X (HP 1TB 3G SATA 7.2K 3.5" MDL HDD (454146-B21)) = 3 TB
UI,CE, BDII	HP Prliant ML 150 Generation 5	Quad-Core Intel Xeon processor (2.8 GHz,); Integrated 2 x 6 MB L 2 cache	2 GB PC2-5300 Registered DIMMs (DDR2-667)	HP 360 GB 7.2k NHP SATA
WN	HP DL160 G5 NHP CTO Chassis (445192-B21)	Quad-Core Intel Xeon processor E5410 (2.33 GHz, 1333 FSB, 80W);	HP 8GB FBD PC2-5300 2x4GB Kit (397415-B21)	HP 250 GB 7.2k NHP SATA

დღეისათვის ჩატარებულია მოსამზადებელი სამუშაოები, რაც შემდეგში მდგომარეობს: ყველა ზემოთ ხსენებული კომპიუტერული ტექნიკა მიერთებულია უწყვეტი კვების წყაროსთან, ინტერნეტის ქსელთან და მოექცეულია საერთო დამისამართების სივრცეში ჯერ-ჯერობით ერთი 24 პორტიანი Networkin Switch-ის საშუალებით. ყველა კომპიუტერზე დაიდგა და გაიმართა ოპერაციული სისტემა დასრულდა G-Lite პაკეტების ინსტალაცია და გამართვა. SLC 5.3 ( CERN Scientific Linux 5.3, 64 bit)

GRID - კლასტერს აქვს შემდეგი კონფიგურაცია: 7 ცალი Work Node - განკუთვნილი იქნება გამოთვლების საწარმოებლად, File Server დაყენებულია G-

Lite SE (Storage Element) 3 კომპიუტერზე დაინსტალირდა სისტემის მუშაობისათვის აუცილებელი სხვადასხვა G-Lite პაკეტები როგორებიცაა: G-Lite UI (User Interface), G-Lite CE (Computing Element), G-Lite BDII (Berkeley Database Information Index). დაყენდა აგრეთვე დამატებითი სერვისები, (ეს სერვისები საჭირო იქნება მომავალში სისტემის მარტივი მართვის და განახლებებისთვის) როგორებიცაა ერთიანი განახლებების სერვერი (YUM Server and Client), დროის სინქრონიზაციის სერვერი (NTP Server and Client).

ამჟამად მიმდინარეობს სამუშაოები GRIDკლასტერზე ადმინისტრატორის და G-Lite კვანძების სერტიფიკატების ასაღებად. მომავალში დასაყენებელი იქნება მონიტორინგის (გამოიყენება G-Lite კომპონენტების ფუნქციონირების მონიტორინგისათვის) და ვირტუალური ორგანიზაციების პროგრამული მოდულები. ამის შემდეგ მოხდება Grid კლასტერის გაშვება. აღნიშნული სამუშაოები ჩატარდება მომავალ წელს.

## 2. „ინსტიტუტის კომპიუტერული ქსელის განვითარება.“

გარდა ამისა განყოფილებაში მიმდინარეობდა ინსტიტუტის ინტერნეტ ქსელის მოდერნიზაცია. არსებული Windows Server 2003 სისტემიდან მოხდა DNS სერვერის გადაწყობა CentOS 5.1 (Redhat) ლინუქსის სისტემაზე. აღნიშნულ სერვერზე მოხდა ინსტიტუტში არსებული(ლინუქს სისტემის) კომპიუტერების გაწერა და ქსელის მომხმარებლებს მიეცა საშუალება თავის კომპიუტერს მიმართოს ჰოსტნამე-ის საშუალებით. ასევე Windows Server 2003 სისტემაზე გამართული საფოსტო სერვერი გადაეწყო ზემოთ აღნიშნულ ლინუქს სისტემაზე, მოხდა POP3 და SMTP სერვისებით უზრუნველყოფა. ასევე დაყენებული იქნა მომხმარებლის ინტერფეისი SquirrelMail ამავე სერვერზე გაიმართა ასევე ჭებ შერვერ, Aპაცჰე2 და დაყენებული და კონფიგურირებული იქნა ვებ გვერდის მართვის პანელი ჟოომლა, რაც იძლევა საშუალებას ადვილად განთავსდეს და განახლდეს ინფორმაცია საიტზე.

ინსტიტუტში განხორციელდა აგრეთვე არსებული ლოკალური ქსელის გადახალისება, შეიცვალა HUB-ები გიგაბიტისანი networking switch და ასევე გაიმართა უკაბელო ინტერნეტის რესურსი Wi-Fi, Linksys -ის ფირმის შესაბამისი მარშრუტიზატორებით. ამჟამად უკაბელო ინტერნეტით დაფარულია ინსტიტუტის ძირითადი ნაწილი.

მიმდინარე წელს მიღებული შედეგები მოხსენებული იყო საერთაშორისო კონფერენციაზე ქ. ერევანში:

1. Introduction of Armenian-Georgian Grid Infrastructures. B.Chiladze, R.Kvatatdze, E.Magradze et al.  
Seventh International Conference on Computer Science and Information Technologies,  
Erevan, 2009, September.



## დანართი 1

საანგარიშო პერიოდში თსუ მეფი-ის თანამშრომელთა მიერ გამოქვეყნებულია (ან გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად) შემდეგი ნაშრომები:

*გამოქვეყნებული შრომები:*

1. D.Chiladze, A.Kacharava, I.Keshelashvili, N.Lomidze, G.Macharashvili, D.Mchedlishvili, M.Nioradze, M.Tabidze et al.  
The  $dp \rightarrow pppn$  reaction as a method to study  $np$  charge-exchange amplitudes.  
European Physics Journal A40, 23-33 (2009)
2. D.Oellers, D.Chiladze, A.Kacharava, i.Keshelashvili, N.Lomidze, G.Macharashvili, D.Mchedlishvili, M.Nioradze, M.Tabidze et al.  
Polarizing a stored proton beam by spin flip?  
Physics Letters B 674, 269-275 (2009)
3. S.Dymov, A.Kacharava, G.Macharashvili, M.Nioradze, H.Stroher et al.  
Observation of an “ABC” effect in proton-proton collisions.  
Physical Review Letters 102, 192301 (2009)
4. L.Chkhaidze, P.Danielewicz, T.Djobava, L.Khalkhelaury, E.Kladnitskaya  
Anisotropic collective flow of  $\lambda$ -hyperons produced in C+C collisions at 4.2A GeV/c.  
Nuclear Physics A 831, 22-38 (2009)
5. L.Abesalashvili, L.Akhobadze. Description of multiparticle production by gluon dominant model.  
Physics of Atoms and Nuclei 72, 97-194 (2009)
6. P.Adranga, C.Alexa, T.Djobava, A.Henrique, J.Khubua, G. Mchedlidze, I.Minashvili, M.Mosidze et al.  
Study of the response of the ATLAS central calorimeter to pions of energies from 3 to 9 GeV  
Nucl. Instrum. & Meth. A 607, 372-386 (2009)
7. P.Adranga, C.Alexa, T.Djobava, A.Henrique, J.Khubua, I.Minashvili, M.Mosidze et al.  
Testbeam Studies of Production Modules of the ATLAS Tile Calorimeter.  
Nucl. Instrum. & Meth. A 606, 362-394 (2009).
8. L. Chikovani , T. Djobava , M. Mosidze , G. Mchedlidze, V. Tsiskaridze  
ATLAS Sensitivity to the Flavour Changing Neutral Currents Decay  $t \rightarrow Hq (H \rightarrow bb)$ ”.  
Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences “Moambe” v2, №2, 2009
9. G. Devidze. Rare Processes as a Window Into Extra Dimensions,  
Georgian Electronic Scientific Journal, No.1(1) (2009)
10. L.Akhobadze, V.Garsevanishvili, Y.Tevzadze. Comparative analysis of average characteristics of  $\pi$ -mesons and protons produced in noncentral and semicentral CTa-collisions at 4.2 AGeV/c. Georgian Electronic Scientific Journal, No.1(1) (2009) 30  
Submitted to the 7th Conference on Nuclear and Particle Physics, Sharm El-Sheikh,

Egypt, 11-15 November, 2009

11. T. Djobava, A.Henriques, M.Mosidze, G.Mchedlidze  
Study of ATLAS Tile Calorimeter Energy Resolution, Linearity and Sampling Fraction at Electromagnetic Scale  
Georgian Electronic Scientific Journal, No.1(1) (2009) 41
12. G. Aad, G.Arabidze, L.Chikovani, T.Djobava, A.Henriques, J.Khubua, I.Minashvili, M.Mosidze et al  
Expected Performance of the ATLAS Experiment - Detector, Trigger and Physics e-Print: arXiv: 0901.0512 [hep-exp], Jan 2009, 1852pp
13. K.J. Anderson, T.Djobava, A. Henriques, M.Mosidze et al.  
Calibration of ATLAS Tile Calorimeter at Electromagnetic Scale. ATL-TILECAL-PUB-2009- 001, Geneva:CERN, 2009, 21p
14. T.Nadareishvili, A.Khelashvili.  
Generalization of Hypervirial and Feynman-Hellmann Theorems for Singular Potentials.  
Arxiv:hep - th ./0907.1824
15. A.Khelashvili, T.Khachidze.  
Coulomb Potential and Witten's Superalgebra.  
ArXiv:0902.1122 [hep-th]

*გამოსაქვეყნებელი შრომები:*

16. G. G. Devidze, V.G. Kartvelishvili, A. G. Liparteliani  
On the Neutral B-meson Double Photon Decay in the ACD model  
Physical Review
17. L.Chkhaidze, T.Djobava, L.Kharkhelauri, E.Kladnitskaya. Comparative analysis of temperature characteristics in C-C and Mg-Mg collisions at 4.2A GeV/c.  
Physics of Atoms and Nuclei
18. T.Nadareishvili, A.Khelashvili. Some Problems of Self-Adjoint Extension in the Schrodinger equation.  
Journal of Physics A (Mathematical and Theoretical) IOP Journal.United Kingdom
19. A.Khelashvili. "Why the Coulomb Potential?".  
Journal "Applied and Computational Mathematics" (International Journal)
20. L.Chkhaidze, T.Djobava, L.Kharkhelauri, E.Kladnitskaya. The estimation of temperatures for  $^3\text{He}$  and stripping protons in HeC and C-C interactions at 4.2a GeV/c.  
Bull. of Georgian Academy of Sciences

**მონოგრაფია ინგლისურ ენაზე ნიუ იორკში:**

T.Khachidze and A.Khelashvili

"Dynamical Symmetries in the Coulomb-Kepler Problem in Classical and

Quantum Mechanics: Nonrelativistic and Relativistic”  
NOVA PUBLISHERS, NEW YORK.

**მომზადებულია სახელმძღვანელო:**

ა.ხელაშვილი. "ველის კვანტური თეორიის ტოპოლოგიური მოდელები".  
მონოგრაფია და სახელმძღვანელო მაგისტრანტებისათვის.

## დანართი 2

### კონფერენციების ორგანიზება

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბაზაზე 2009 წლის 22-26 ოქტომბერს ჩატარდა მე-4 საერთაშორისო კონფერენცია "Physics at the Future Colliders" კონფერენციის მუშაობაში მონაწილეობა მიიღეს ცერნი-დან, ქ. დუბნის ბირთვული გამოკვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტიდან, აშშ-დან და სხვადასხვა ევროპული ქვეყნებიდან ჩამოსულმა მეცნიერებმა ინსტიტუტის მეცნიერ-მკვლევარებთან ერთად.

### საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე წარდგენილი მოხსენებები

1. A.Liparteliani, Physics in LHC era.  
Proceedings of fifth congress of mathematicians of Georgia, 9-12.10.2009, 135
2. G.Devidze, Extra dimensions in flavor physics.  
Proceedings of fifth congress of mathematicians of Georgia, 9-12.10.2009, 135
3. A.Khelashvili. Supersymmetry in the Dirac equation for arbitrary Dimensions.  
International Conference "Physics at the future colliders", Tbilisi, 13-17  
October, 2009
4. T.Nadareishvili, A.Khelashvili. Generalization of Hypervirial and Feynman  
Hellmann Theorems for Singular Potentials.  
International Conference "Physics at the future colliders", Tbilisi, 13-17  
October, 2009
5. M.Tabidze. Towards polarized antiprotons.  
International Conference "Physics at the future colliders", Tbilisi, 13-17  
October, 2009
6. G.Devidze. Extra dimansions in flavor physics.  
International Conference "Physics at the future colliders", Tbilisi, 13-17  
October, 2009
7. G.Mchedlidze. Special C10 cells in TileCal simulation.  
International Conference "Physics at the future colliders", Tbilisi, 13-17  
October, 2009

8. T.Djobava. Study of top quark FCNC decay  $t \rightarrow Zq$  at ATLAS experiment. International Conference “Physics at the future colliders”, Tbilisi, 13-17 October, 2009
9. E.Magradze. G-lite segment in Georgia. International Conference “Physics at the future colliders”, Tbilisi, 13-17 October, 2009

### დანართი 3

2009 წელს ინსტიტუტში სრულდებოდა 8 საგრანტო პროექტი:  
6 ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (ორი მათგანი მთავრდება 31.12.2009) და  
2 საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნოლოგიური ცენტრის (ISTC).  
პროექტების ჯამური ბიუჯეტია - 430,080 USD + 801,711 ლარი;  
ზედნადები - 25,500 USD + 66,891 ლარი.

#### მიმდინარე საგრანტო პროექტები

2009 წელს გრძელდებოდა ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ წინა წლებში მოპოვებული საგრანტო დაფინანსების მქონე სამეცნიერო პროექტების შესრულება: საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (<http://www.gnsf.ge>) მიერ დაფინანსებული პროექტები 4-108, 4-185, 4-196 და საერთაშორისო ტექნიკური ცენტრის (<http://www.istc.ru>) მიერ დაფინანსებული პროექტი # G1458.  
2009 წელს დაფინანსებული იქნა ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდში (<http://www.gnsf.ge>) წარდგენილი პროექტები 4-401, 4-418, 4-421 და საერთაშორისო ტექნიკური ცენტრის (<http://www.istc.ru>) მიერ დაფინანსებული იქნა პროექტი A-1606.

#### 2009 წლის ეროვნული გრანტები:

1. GNSF/09/1041 ბირთვული ენერგეტიკის უდაფრთხოების კვლევა. 100,000 ლარი;
2. GNSF/09/1024 დიპროტონის დაბადებით მიმდინარე ჰადრონული პროცესების შესწავლა პოლარიზაციულ ექსპერიმენტებში COSY-ამაჩქარებელზე. 150,000 ლარი.

#### 2009 წელს დაცული დისერტაციები:

დავით ჭილაძე - პოლარიზებული გადამუხტვის რეაქციის  $dp \rightarrow (pp)n$  შესწავლა ANKE/COSY სპექტრომეტრზე; 17 თებერვალი 2009. ხელმძღვანელი: მ. ნიორაძე