

ფიზიკის  
დეპარტამენტი

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: **ფიზიკის დეპარტამენტი, არაწრფივი მოვლენების ფიზიკის კათედრა**

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: **პროფესორი არჩილ უგულავა**

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა: **ასოცირებული პროფესორი რამაზ ხომერიკი, ასისტენტ პროფესორი სიმონ ჩხაიძე, ასისტენტ პროფესორი ზაზა ტოკლიკიშვილი**

I. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	ფხვნილოვანი სუპერპარამაგნეტიკების მაგნიტოკალორიული თვისებების გამოკვლევა	პროფესორი არჩილ უგულავა	პროფ. არჩილ უგულავა ასისტენტ პროფ. სიმონ ჩხაიძე ასისტენტ პროფ. ზაზა ტოკლიკიშვილი

**ფხვნილოვანი სუპერპარამაგნეტიკების მაგნიტოკალორიული თვისებების გამოკვლევა**

წონასწორობის პირობებში მაგნიტური ნანონაწილაკები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. გარკვეულ პირობებში ურთიერთობა ნაწილაკებს შორის შეიძლება უგულვებელვყოთ და ვისარგებლოთ "იდეალური გაზის" მოდელით. ეს შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც სრულდება პირობა

$$(\mu_0/4\pi)(m^2/d^3 k_V T) \ll 1,$$

სადაც  $\mu_0$  - მაგნიტური მუდმივაა,  $m$  - ნანონაწილაკის მაგნიტური მომენტი, რომელიც დამოკიდებულია ე.წ. "მაგნიტურ" დიამეტრზე  $d_m$ , ხოლო  $d$  ნაწილაკის სრული დიამეტრია. უშუალო ჩასმით შეიძლება დავრწმუნდეთ, რომ ეს პირობა რეალურად სრულდება კობალტისათვის ჰელიუმის ტემპერატურაზე ( $d_m = 1.2$ ნმ,  $d = 2.4$ ნმ,  $m = 1.3 \cdot 10^{-21}$  ა·მ<sup>2</sup> და  $A = 4.0 \cdot 10^{-22}$  ჯ).

დავუშვათ, რომ ფხვნილოვან სუპერპარამაგნეტიკში შექმნილია მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობა. მაშინ ნანონაწილაკის ენერგიას ექნება სახე

$$H_f(\theta) = H(\theta, 0, 0) = A \sin^2 \theta - E \cos \theta,$$

ხოლო ერთნაწილაკოვანი სტატისტიკურ ინტეგრალი კი იქნება

$$z = \frac{4\pi}{\sqrt{a}} \left\{ e^b D\left(\sqrt{a} + \frac{b}{2\sqrt{a}}\right) + e^{-b} D\left(\sqrt{a} - \frac{b}{2\sqrt{a}}\right) \right\},$$

სადაც  $D(x) = e^{-x^2} \int_0^x e^{t^2} dt$  - დოუსონის ფუნქციაა. სისტემის მაგნიტოკალორიული თვისებები შეიძლება აღიწეროს მაგნიტური თერმოდინამიკის მაკროსკოპული პარამეტრებით:

$$E = -k_B T A \frac{d \ln z}{dA} - \text{შინაგანი ენერგიით,}$$

$$W = k_B T^2 \frac{d \ln z}{dT} - \text{ენტალპიით და}$$

$$M = k_B T d \ln z / dB - \text{დამაგნიტებულობით,}$$

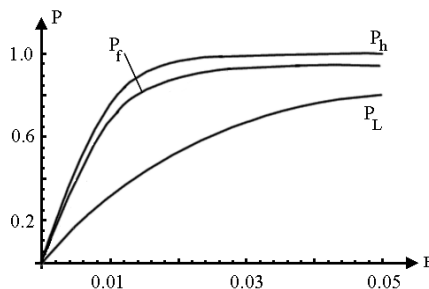
რომლებიც დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან თანაფარდობით  $E = W - MB$ .

**დამაგნიტებულობა.** ზემოთ მოყვანილი დამაგნიტებულობის ფორმულისა და სტატისტიკური ინტეგრალის გამოყენებით, შეიძლება მივიღოთ დაყვანილი დამაგნიტებულობის  $P_f = M/mN$  გამოსახულება მექანიკური ანიზოტროპიის არსებობის პირობებში:

$$P_f(a, b) = -\frac{b}{2a} + \frac{1}{2\sqrt{a}} \frac{2 \cdot \text{sh } b}{e^b D\left(\sqrt{a} + b/2\sqrt{a}\right) + e^{-b} D\left(\sqrt{a} - b/2\sqrt{a}\right)}. \quad (1)$$

განვიხილოთ ამ გამოსახულების ზოგიერთი ზღვრული შემთხვევა. თუ გამოვიყენებთ დოუსონის ფუნქციის ასიმპტოტურ გაშლას  $D(x \gg 1) \approx \frac{1}{2x} + \frac{1}{4x^3} + \dots$ , ადვილად მივიღებთ ნაჯერი დამაგნიტებულობის პოლარიზაციის მნიშვნელობას  $P_f(a, b \gg a) = 1$ . "ღრმა ორმოს" მიახლოებაში ( $a \gg 1$ ), ვღებულობთ პოლარიზაციას ჰიპერბოლური ტანგენსის სახით  $P_f(a \gg 1, b) \equiv P_h(b) = \tanh b$ . ამ შედეგს აქვს მარტივი ფიზიკური შინაარსი: "ღრმა ორმოს" შემთხვევაში ნანონაწილაკები "შეზოჭილი" არიან ორ პოტენციურ ორმოში და ჩნდება ანალოგია ორდონიან სისტემასთან, რომელშიც როგორც ცნობილია სითბური წონასწორობის დროს დონეთა დასახლების სხვაობას აქვს ჰიპერბოლური ტანგენსის ფორმა.

(1) გამოსახულებას, რომელიც აღწერს მაგნიტოანიზოტროპიული ნანონაწილაკებისაგან შემდგარ სუპერპარამაგნეტიკის დამაგნიტებულობას მექანიკური ანიზოტროპიის არსებობის პირობებში, აქვს ორიგინალური ფორმა. ის განსხვავდება სხვა ცნობილი გამოსახულებებიდან. როგორც ნახაზიდან ჩანს  $P_f$  მდებარეობს ლანჟევინისეულ  $P_L$  და ჰიპერბოლური ტანგენსის შესაბამის  $P_h$  მრუდებს შორის და განსხვავდება მათგან მხოლოდ რაოდენობრივად.



**სითბოტევადობა.** კონდენსირებული გარემოს ფიზიკაში კუთრი სითბოტევადობა

ერთერთი ყველაზე შესწავლადი თერმოდინამიკური სიდიდეა. ჩვეულებრივ თვლიან, რომ სუპერპარამაგნეტიკის ჯამური სითბოტევადობა შედგება ორი წევრისაგან. პირველი დაკავშირებულია რხევით მოძრაობასთან, რომელიც ხდება ნანონაწილაკების შიგნით, ხოლო მეორე უკავშირდება ნანონაწილაკების მაგნიტური მომენტების ორიენტაციის ცვლილებას. რადგან დაბალ ტემპერატურებზე სითბოტევადობა რხევითი თავისუფლების

ხარისხიდან  $C^F = 234nk_B \left(\frac{T}{T_D}\right)^3$  მცირეა (აქ  $n$  - ატომების რიცხვია ნანონაწილაკში,  $T_D$  -

დებარის ტემპერატურა), ამიტომ სრულ სითბოტევადობაში საგრძნობ წვლილი შეაქვს სითბოტევადობის მაგნიტურ ნაწილს. ანსხვავებენ ერთმანეთისაგან მაგნიტური

სითბოტევადობის ორ ტიპს  $C_B = \left(\frac{dW}{dT}\right)_B$  და  $C_M = \left(\frac{dE}{dT}\right)_M$  - სითბოტევადობებს მუდმივი

მაგნიტური ველისა და მუდმივი დამაგნიტების დროს. პრაქტიკულად უფრო ხელსა-

ყრელია  $C_B$  სიდიდის გამოყენება, ამიტომაც სწორედ მასზე ვამახვილებთ ყურადღებას. სითბოტევადობის გამოთვლისას გვანტერესებს ის მაგნიტური ველები, რომლებიც

აკმაყოფილებენ პირობას  $b \ll 2a$ . ამ ზღვრულ შემთხვევაში დოუსონის ფუნქცია

$$D\left(\sqrt{a}\left(1 \pm \frac{b}{2a}\right)\right) \approx D(\sqrt{a}).$$

მაშინ სტატისტიკური ინტეგრალისთვის გვექნება

$$z = \frac{16\pi}{\sqrt{a}} D(\sqrt{a}) \cosh b,$$

ხოლო ენტალპიისათვის კი

$$W = W_a + W_b, \quad (2)$$

სადაც

$$W_a = k_B T \left[ \frac{1}{2} + a - \frac{\sqrt{a}}{2D(\sqrt{a})} \right], \quad W_b = -mB \tanh b.$$

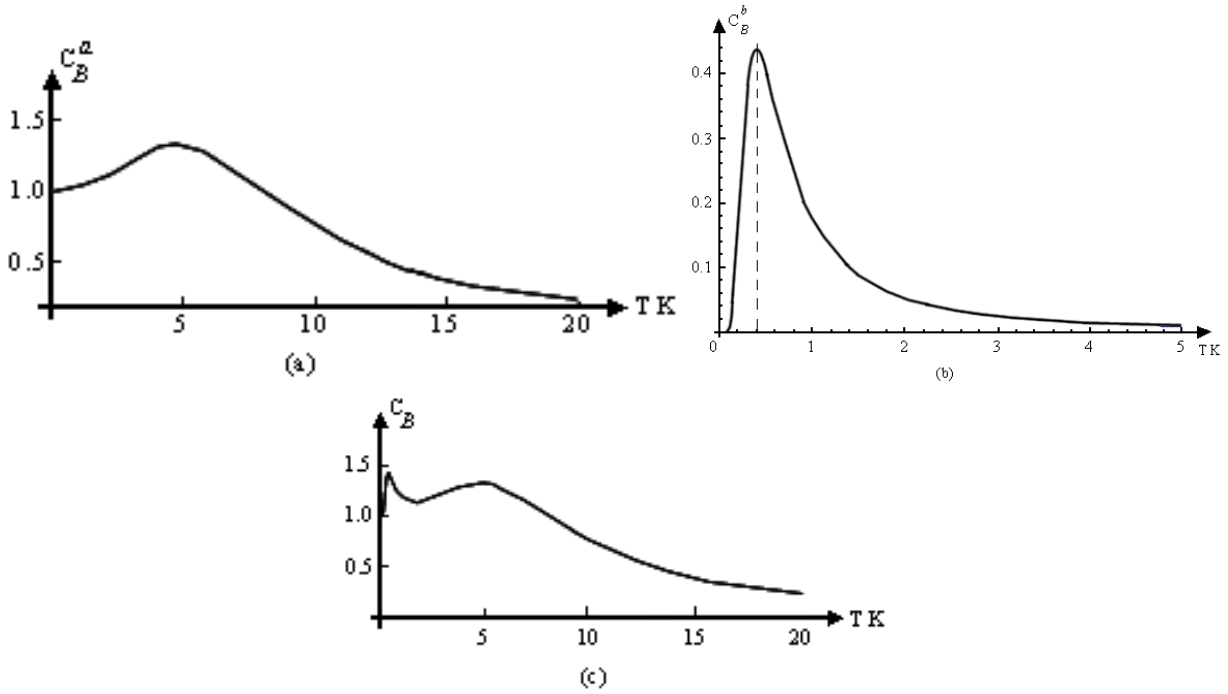
(2)-ის მეშვეობით სითბოტევადობისათვის ვღებულობთ

$$C_B = C_B^a + C_B^b, \quad (3)$$

სადაც

$$C_B^a = k_B \left[ \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{a}(1-2a)}{4D(\sqrt{a})} - \frac{a}{4D^2(\sqrt{a})} \right], \quad C_B^b = k_B \frac{b^2}{\cosh^2 b}.$$

მაშასადამე, ენტალპია და შესაბამისად სუპერპარამაგნეტიკის სითბოტევადობაც შედგება ორი ნაწილისაგან. ერთი მათგანი უკავშირდება ნანონაწილაკის ანიზოტროპიის ენერგიას, ხოლო მეორე - მაგნიტურ ველთან ურთიერთქმედების ენერგიას. ნახაზზე მოცემულია სითბოტევადობათა დამოკიდებულება ტემპერატურაზე მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში.



როგორც ნახაზიდან ჩანს,  $C_B$ -ს აქვს მაქსიმუმები ორივე  $a$  და  $b$  ცვლადების მიმართ.

$\left. \frac{dC_B}{da} \right|_{a=a_0}$  და  $\left. \frac{dC_B}{db} \right|_{b=b_0}$  წარმოებულების ნულთან გატოლებით და მათი ამოხსნით ვღებულობთ მნიშვნელობებს

$$a_0 = 6.13 \text{ და } b_0 = 1.20. \tag{4}$$

$a_0$ -ს და  $b_0$ -ს ეს მნიშვნელობები სამართლიანია ყველა ერთდერძა ნანონაწილაკებისათვის ( $Co$ ,  $Fe_3O_4$  და სხვ.) და ამდენად ისინი უნივერსალურია.

ახლა დავუშვათ, რომ სითბოტევადობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე მიღებულია ექსპერიმენტულად (ბოლო ნახაზი) და დიდი სიზუსტითაა გაზომილი სითბოტევადობის მაქსიმუმის შესაბამისი ტემპერატურები  $T_{max}^a$  და  $T_{max}^b$  (ეს შეიძლება განხორციელდეს დაბალტემპერატურული კალორიმეტრის მეთოდით). მაშინ  $a_0$  და  $b_0$  კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობებისა და  $A = a_0 k_B T_{max}^a$  და  $m = b_0 k_B T_{max}^b / B$  გამოსახულებების გამოყენებით შეიძლება განისაზღვროს ნანონაწილაკების მახასიათებელი პარამეტრები - ანიზოტროპიის კოეფიციენტი  $A$  და მაგნიტური მომენტი  $m$ .

**I.2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

- I. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4	5
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

- I. 4.

	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1.	სოლიტონური გადართვები ფოტონურ და მულტიფეროიკულ ნანოსტრუქტურებში ფუნდამენტური კვლევებისათვის სახელმწიფო სამეცნიერო გრანტი	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	რამაზ ხომერიკი	რამაზ ხომერიკი, არჩილ უგულავა, სიმონ ჩხაიძე, ვახტანგ ჯანდიერი
2	სოლიტონური ტრანსპორტი მაგნიტურ ნანონაწილაკოვან სისტემებში	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი და იტალიის CNR	რამაზ ხომერიკი	რამაზ ხომერიკი
3	დინამიკა და თერმოდინამიკა მაგნიტურ ნანონაწილაკოვან სისტემებში	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი და საფრანგეთის CNRS	რამაზ ხომერიკი	რამაზ ხომერიკი, ლაშა ტყეშელაშვილი

4	ბარიერული ტიპის ტალღამტარული სისტემების და წრედების შექმნა მიკრო და მილიმეტრული დიაპაზონის ხელსაწყოებისათვის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებანი, ფიზიკური მეცნიერებანი 1.3	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	ვახტანგ ჯანდიერი	ვახტანგ ჯანდიერი, რამაზ ხომერიკი, გიორგი მილოშევიჩი
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				
<p>1. ჩვენ ვიხილავთ ორ სუსტად ბმულ არაწრფივ ოსცილატორულ ჯაჭვს ლანდაუ-ზენერის ტუნელირების მექანიკური ანალოგის შესწავლის მიზნით. ჯაჭვების მასები თანდათან იკლებს (იმატებს) ზედა (ქვედა) ჯაჭვში. ეს მოდელი საშუალებას გვაძევს განვაზოგადოთ ლანდაუ-ზენერის ქვანტური ტუნელირების ეფექტი სოლიტონების ერთი ჯაჭვიდან მეორეში გადასვლისათვის. ნაჩვენებია, რომ სოლიტონის ტუნელირების მახასიათებლები არაწრფივ რეჟიმში მკვეთრად დაამოკიდებული სოლიტონის ამპლიტუდაზე. ტუნელირების თეორიის ეს მიდგომა დადასტურებულია სოლიტონურ ჯაჭვებზე პირდაპირი რიცხვითი სიმულაციების მეშვეობით.</p> <p>2. ჩვენ ვიკვლევთ სოლიტონების არსებობისა და გავრცელების შესაძლებლობას ფერმი-პასტა-ულამის არაჰარმონიული ჯაჭვის შორსქმედ ვერსიაში, სადაც წრფივი ურთიერთქმედების წევრში ბმის კონსტანტა ხარისხობრივი კანონით კლებულობს. ჩვენ მივიღეთ ანალიზური მიახლოებითი გამოსახულება კონვერტული მოძრავი სოლიტონისთვის, რომელიც აღიწერება არაწრფივი შრედინგერის განტოლებით. შესაბამისი დისპერსიული თანაფარდობის არაანალიზური თვისებების გამო ჩვენ მოგვიხდა შეშფოთების თეორიის შექმნა სხვაობითი დიფერენციალური ოპერატორების გამოყენებით. ეს გარემოება აგრეთვე კრძალავს სტაბილური გრძელტალღოვანი კინკ-სოლიტონური ამონახსნების არსებობას, რაც მკვეთრად განსხვავდება ახლოქმედი ფერმი-პასტა-ულამის ჯაჭვის შემთხვევისაგან. ჩვენ წარმატებით დავამთხვევით ანალიზური შედეგები რიცხვით სიმულაციებს შესაბამის მოდელზე.</p> <p>3. პირველ ყოვლისა ჩვენ გავაკეთეთ რიცხვითი სიმულაციები ერთგანზომილებიან სპინურ მოდელზე თერმოსტატის არსებობისას და გამოვითვალეთ რელაქსაციის დროები. ჩვენ შევამოწმებთ როგორ მუშაობს ეფექტური ერთგანზომილებიანი მოდელი. საქმე ისაა, რომ პატარა ნიმუშების შემთხვევაში ყველა-ყველასთან ურთიერთქმედების დაშვება შეიძლება შესწორებებს მოითხოვდეს. და ბოლოს, ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანაა სამ განზომილებიან სისტემაზე რიცხვითი სიმულაციების ჩატარება, შედეგების შედარება ეფექტურ ერთგანზომილებიან მოდელთან და ექსპერიმენტისთვის რეალისტური პარამეტრების შეთავაზება.</p> <p>4. პროექტის ფარგლებში ჩვენ შევისწავლით ბარიერული ტიპის ტალღამტარულ სისტემებსა და წრედებს როგორც ანალიზურად, ასევე რიცხვით, ექსპერიმენტულ შესწავლას და დამზადებას. ჩვენ განვიხილავთ ბარიერული ტიპის სისტემებს, რომლებიც შედგება დიელექტრიკულ გარემოში პერიოდულად ჩალაგებულ მეტალური და მაღალი დიელექტრიკული შეღწევადობის მქონე სვეტებისაგან. აღნიშნულ სტრუქტურას ექნება ფართო გამოყენება მიკრო და მილიმეტრული დიაპაზონის ხელსაწყოებში. პროექტის ფარგლებში ჩვენ განსაკუთრებულ ყურადღებას ვაქცევთ ზონური და ღრეჩული ფილტრების, წრიული რეზონატორების,</p>				

სიმეტრიული და ანტისიმეტრიული ტალღამტარული სტრუქტურებისა და წრედების ანალიზს და მათ დამზადებას. ჩვენი პროექტის მთავარი უპირატესობა მდგომარეობს შემდეგში: ა) ჩვენ პირველად წარმოავადგენთ ღრმა ფუნდამენტურ ანალიზს ბარიერული ტალღამტარული სისტემებისა და წრედებისათვის; ბ) ჩვენ ვქმნით რიცხვით კოდს, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ნებისმიერი კონფიგურაციის მქონე ბარიერული ტიპის ტალღამტარული სისტემის და წრედის ანალიზი; გ) ჩვენ ვატარებთ დეტალურ ექსპერიმენტულ კვლევებს და დავამზადებთ მრავალ-ფუნქციონალურ, მცირე ზომის ბარიერული ტალღამტარულ სისტემებსა და წრედებს.

II. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	არჩილ უგულავა	ამოცანები	თბილისი, ივ. ჯავახიშვილის სახ. უნივერსიტეტი, 2017	194
2	ზაზა ტოკლიკიშვილი	სტატისტიკურ ფიზიკაში		

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა



1				
---	--	--	--	--

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	A. Ugulava, Z. Toklikishvili, S. Chkhaidze, Sh. Kekutia	Determination of magnetic characteristics of nanoparticles by low-temperature calorimetry methods	Physica B 513 (2017) 77–81	Amsterdam, Netherlands Elsevier	5
2	Z Toklikishvili, LChotorlishvili, S K Mishra, S.Stagracynski, M. Schüler, A.R.P. Rau and J. Berakdar	Entanglement dynamics of two nitrogen vacancy centers coupled by a nanomechanical resonator	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics	IOP Science	16
3	M.Schüler, L.Chotorlishvili, M. Melz, A. Saletsky, A.Klavsyuk, Z.Toklikishvili J.Berakdar	Functionalizing Fe adatoms on Cu(001) as a Nanoelectromechanical system	New Journal of Physics	IOP Institute of Physics	8
4	A. Угулава, С. Чхаидзе, З. Ростомашвили	Намагничивание суперпарамагнетиков находящихся в состоянии механической анизотропии	Физика Металлов и Металловедение, 2017, том	УНЦ РАН Екатеринбург	6

			118, № 4.		
5	L. Chotorlishvili, P. Zieba, I. Tralle, A. Ugulava	Zitterbewegung and symmetry switching in Klein's four-group	J. Phys A. Mathematical and Theoretical, 108460 R1 (2017)	IOP Publishing Bristol, UK	9
6	S. Flach, R. Khomeriki	“Fractional Lattice Charge Transport”, Scientific Reports	7, 40860.	Nature	6
7	G. Miloshevich, J.P. Nguenang, T. Dauxois, R. Khomeriki, S. Ruffo	“Traveling solitons in long-range oscillator chains”, J. Phys. A: Math. Theor	50, 12LT02.	Elsevier	10
8	V. Jandieri, R. Khomeriki, D. Erni, W. Cho Chew	“Realization of All-Optical Digital Amplification in Coupled Nonlinear Photonic Crystal Waveguides”, Progress In Electromagnetics Research	158, 63.	IEEE	7
9	V. Loladze and R. Khomeriki	“Landau-Zener tunneling of solitons” Phys. Rev. E	95, 042204	APS	5
<p>1. ჩვენ ვიხილავთ ორ სუსტად ბმულ არაწრფივ ოსცილატორულ ჯაჭვს ლანდაუ-ზენერის ტუნელირების მექანიკური ანალოგის შესწავლის მიზნით. ჯაჭვების მასები თანდათან იკლებს (იმატებს) ზედა (ქვედა) ჯაჭვში. ეს მოდელი საშუალებას გვაძლევს განვაზოგადოთ ლანდაუ-ზენერის ქვანტური ტუნელირების ეფექტი სოლიტონების ერთი ჯაჭვიდან მეორეში გადასვლისათვის.</p> <p>2. ნაჩვენებია, რომ სოლიტონის ტუნელირების მახასიათებლები არაწრფივ რეჟიმში მკვეთრად დადამოკიდებული სოლიტონის ამპლიტუდაზე. ტუნელირების თეორიის ეს მიდგომა დადასტურებულია სოლიტონურ ჯაჭვებზე პირდაპირი რიცხვითი სიმულაციების მეშვეობით.</p> <p>3. ჩვენ გავაკეთეთ რიცხვითი სიმულაციები ერთგანზომილებიან სპინურ მოდელზე თერმოსტატის არსებობისას და გამოვითვალეთ რელაქსაციის დროები. ჩვენ შევამოწმებთ როგორ მუშაობს ეფექტური ერთგანზომილებიანი მოდელი. საქმე ისაა, რომ პატარა ნიმუშების შემთხვევაში ყველა-ყველასთან ურთიერთქმედების დაშვება შეიძლება შესწორებებს მოითხოვდეს.</p> <p>4. სტატიაში განხილულია ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანა სამ განზომილებიან სისტემაზე რიცხვითი სიმულაციების ჩატარებისა, შედეგების შედარება ეფექტურ ერთგანზომილებიან მოდელთან და ექსპერიმენტისთვის რეალისტური პარამეტრების შეთავაზება.</p>					

III.1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა (სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების
---	---------------	--------------------	-------------------

	მომხსენებლები		დრო და ადგილი
1	ზაზა ტოკლიკიშვილი	სუპერადიაბატური კვანტური სითბური მანქანა მულტიფეროიკული მუშა სხეულით	თსუ მეხუთე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი 2017 წელი თებერვალი, თბილისი
2	არჩილ უგულავა	მაგნიტური სითხეების დამაგნიტების ინტერპოლაციური თეორია	თსუ მეხუთე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი 2017 წელი თებერვალი, თბილისი
3	სიმონ ჩხაიძე	მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში მყოფი სუპერპარამაგნეტიკების დამაგნიტება	თსუ მეხუთე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი 2017 წელი თებერვალი, თბილისი

## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი;  
 თსუ ზუსტ და საბუნემისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის  
 ფიზიკის დეპარტამენტი, ასტროფიზიკის კათედრა

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი; ნანა შათაშვილი,  
 ასტროფიზიკის კათედრის გამგე

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა.

- ნანა შათაშვილი (თსუ სრული პროფესორი)
- ალექსანდრე თევზაძე (თსუ ასოც. პროფესორი)
- ელენე უჩავა (თსუ დოქტორანტი)
- დავით ხუციშვილი (თსუ დოქტორანტი)
- ლუკა პონიატოვსკი (თსუ მაგისტრანტი 2017 წლის სექტემბრამდე)
- სალომე მჭედლიძე (თსუ მაგისტრანტი/დოქტორანტი)
- მარიამ ალბექიონი (თსუ მაგისტრანტი/დოქტორანტი)
- ვაჟა ლოლაძე (თსუ სტუდენტი 2017 წლის სექტემბრამდე,  
 ბაკალავრიატი)
- ირაკლი ჯოხაძე (თსუ სტუდენტი, ბაკალავრიატი)
- მარიამ გოგილაშვილი (თსუ სტუდენტი, ბაკალავრიატი)
- ერეკლე არშილავა (თსუ სტუდენტი 2017 წლის სექტემბრამდე,  
 ბაკალავრიატი)
- ბექა მოდრეკილაძე (თსუ სტუდენტი, ბაკალავრიატი)

II. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

II. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
---	---	-----------------------	------------------------

	მიმართულების მიითითებით		
1	დისკი-ჯეტის უნივერსალური მოდელი  ფიზიკა - ასტროფიზიკა	ნანა შათაშვილი	ნ. შათაშვილი, ა. თევზაძე ვ. ლოლაძე ი. ჯოხაძე მ. გოგილაშვილი ე. არშილავა ბ. მოდრეკილაძე

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ფიზიკის დეპარტამენტის მიზნობრივი პროექტის „ ასტროფიზიკური თხელი აკრეციული დისკების ჯეტების ფორმირება“ ფარგლებში გაგრძელდა კვლევები დისკი-ჯეტის უნივერსალური მოდელის (Shatashvili & Yoshida, 2012) გამოყენებით კონკრეტული ასტროფიზიკური ობიექტებისათვის მოდელისა და კერძო ამონახსნების საძიებლად. კერძოდ:

**(i) ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების დისკი-ჯეტის ჰიდროდინამიკური მოდელის ასაგებად:** პროტოვარსკვლავური აკრეციული დისკებისა და ჯეტების დინამიკის აღსაწერად. გამოყენებულია დისკის ტურბულენტობის ანომალური სიბლანტის ალფა მოდელი, რომლის საშუალებითაც აგებულია სამგანზომილებიანი ღერძულად სიმეტრიული ტურბულენტური სიბლანტის დამახლოების ტენზორი. აღნიშნული მოდელის ფარგლებში ანალიზური ავტომოდელური მიდგომის გამოყენებით ზოგადი კერძო წარმომებულებიანი ორგანზომილებიანი წონასწორული ამოცანა დაყვანილია განზოგადოებულ ავტომოდელურ ცვლადებში ჩაწერილ ერთი ცვლადის ფუნქციებად. მიღებული დისკი-ჯეტის განზოგადოებული გრიგალის სახით ჩაწერილი ამონახსნი წარმოადგენს მნიშვნელოვან შედეგს ჰიდროდინამიკური ასტროფიზიკური ჭავლების ანალიზური აღწერისათვის იმ შემთხვევაში, როდესაც იონიზაციის ხარისხი დაბალია და შესაძლებელია მაგნიტოჰიდროდინამიკური (მჰდ) ეფექტების უგულვებელყოფა.

კონკრეტული შედეგებიდან გამოვყოფთ:

- შესწავლილია თხელი აკრეციული დისკების ჯეტების ფორმირება ბელტრამის განზოგადოებული დინების მოდელზე დაყრდნობით კონკრეტული ფენომელოგიური პარამეტრებისათვის;
- ნაპოვნია ზუსტი კავშირი ბელტრამის პარამეტრსა და ტურბულენტობის სიბლანტის პარამეტრს შორის - ეს თანაფარდობა აღწერს დისკი-ჯეტის კავშირს. ნაჩვენებია მიღებული ჯეტის, როგორც განზოგადოებული გრიგალის, მახასიათებლების დამოკიდებულება ამ პარამეტრებზე.
- აგებულია დისკი-ჯეტის ფუნდამენტური ამონახსნები ნეიტრალური თხელი დისკისათვის;

ამ ამოცანის კვლევის შედეგები გაგზავნილია გამოსაქვეყნებლად:

**E. Arshilava, M. Gogilashvili, I. Jokhadze, V. Loladze, B. Modrekiladze, N.L Shatashvili, A.G. Tevzadze.**  
*Formation of Hydrodynamic Jets from Protostellar Accretion Disks with Turbulent Viscosity,*  
*Monthly Not. Roy. Ast. Soc. (submitted).*

ამოცანის შედეგები მოხსენიებულ იქნა მეხუთე საფაკულტეტო სტუდენტურ კონფერენციაზე :

1. **ერეკლე არშილავა.** „ჰიდროდინამიკური ჯეტების ფორმირების მოდელი ტურბულენტური აკრეციული დისკებიდან ჰერბიგ-ჰარო ობიექტების მაგალითზე“
2. **ბექა მოდრეკილაძე.** „პროტოვარსკვლავური დისკი-ჯეტის ბელტრამის მოდელი“

ტურბულენტური სიბლანტი“

ერეკლე არშილაგამ და ბექა მოდრევილაძემ გააკეთეს მოხსენება „ჰიდროდინამიკური ჯეტების ფორმირება პროტოვარსკვლავურ აკრეციულ დისკებში ტურბულენტური სიბლანტი“ მეხუთე საფაკულტეტო ყოველწლიურ კონფერენციაზე და დაიკავეს მესამე ადგილი სტუდენტ ფიზიკოსთა შორის. <http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/724>

(ii) ნაწილობრივ/სრულად იონიზებული თხელი აკრეციული დისკების ჯეტების/ქარების ფორმირება

იმავე მოდელზე დაჯდნობით შესწავლილ იქნა დამატებითი ეფექტების, როგორცაა მაგნიტური ველი, ორსითხოვნება და რელატივიზმი, როლი დისკი-ჯეტი სტრუქტურის ფორმირებაში. ნაჩვენებ იქნა მაკონტროლებელი პარამეტრების მუშაობის დიაპაზონები და აგებულ იქნა მაილუსტრირებელი გრაფიკები. ერთსითხოვან შემთხვევაში განხილულ იქნა როგორც კვაზ-კეპლერული დისკის შესაბამისი სიბლანტის, ასევე რელისტური ტურბულენტური სიბლანტის დისკის შემთხვევები.

კონკრეტული შედეგებიდან გამოვყოფთ:

- აგებულია ანალიზური ამონახსნი იონიზებული თხელი დისკებისათვის ერთ-სითხოვან მიახლოებაში. ნაპოვნია კოლიმირებული ჯეტების არსებობის პირობები, მაგნიტური ველისა და ტურბულენტური სიბლანტის როლი. ნაჩვენებია კარგი თანხვედრა ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების (YSO) ჯეტის პარამეტრებთან კარგი თანხვედრა.
- ჩაწერილია განზოგადოებული განტოლებები ორ-სითხოვანი მოდელისათვის. ნაპოვნია ავტომოდელური ამონახსნები და ნაჩვენებია კარგი თანხვედრა დაკვირვებით მონაცემებთან.
- ჩაწერილია განზოგადოებული განტოლებები ორ-სითხოვანი რელატივისტური თხელი დისკებისათვის, ნაჩვენებია რელატივიზმის როლი ჯეტის ფორმირებასა და მის მახასიათებელ პარამეტრებში.
- იგეგმება ერთიანი მოდელის აგება და ილუსტრირება თხელი იონიზებული რელატივისტური ასტროფიზიკური დისკების ჯეტის ფორმირების ამოცანისათვის

ამ ამოცანის კვლევის შედეგები გამოქვეყნდება პუბლიკაციაში:

**M. Gogilashvili, I. Jokhadze, V. Loladze, N.L. Shatashvili, A.G. Tevzadze. Two-fluid MHD Description of Jets from Accretion Disks of YSOs, *Phys. Plasmas* (ready for the submission).**

ამოცანის შედეგები მოხსენიებულ იქნა მეხუთე საფაკულტეტო სტუდენტურ კონფერენციაზე :

1. მარიამ გოგილაშვილი. „ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების დისკი-ჯეტის სტრუქტურის ერთსითხოვანი მკვდ მოდელი ტურბულენტური სიბლანტი“
2. ვაჟა ლოლაძე. „დისკი-ჯეტის ორსითხოვანი სტაციონარული ბელტრამის მკვდ მოდელი“.

მარიამ გოგილაშვილმა და ვაჟა ლოლაძემ გააკეთეს მოხსენება „ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების აკრეციული დისკების ჯეტების ორსითხოვანი მკვდ აღწერა“ მეხუთე საფაკულტეტო ყოველწლიურ კონფერენციაზე და დაიკავეს მეორეადგილი სტუდენტ ფიზიკოსთა შორის.

<http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/722>

#	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები

	მიმართულების მითითებით		
2	დინების დინამიკა და გრიგალური და წონასწორული მოვლენები მრავალკომპონენტური ასტროფიზიკურ პლაზმებში <b>ფიზიკა - ასტროფიზიკა</b>	ნანა შათაშვილი	ნ. შათაშვილი ა. თევზაძე, მ. ალბეციონი ი. ჯოხაძე

(i) შემოთავაზებულია დინების გენერირების მექანიზმი გადაგვარებულ ვარსკვლავთა ატმოსფეროებში, როდესაც ელექტრონები გადაგვარებულია და იონები კი ჩათვლილია კლასიკურად. ნაპოვნია, რომ სისტემაში არის კატასტროფა - ადგილი აქვს სწრაფი დინების გენერირებას მაგნეტო-სითხური ბმების გამო. მანძილი, რომელზეც ადგილი აქვს მნიშვნელოვან აჩქარებას, განისაზღვრება გრავიტაციის სიძლიერითა და გადაგვარების პარამეტრით. გამოკვლევულია მოცემული მექანიზმის გამოყენება თეთრი ჯუჯების ატმოსფეროსათვის და ნაპოვნია შესაბამისი პარამეტრების დიაპაზონები დინების გენერაციის/აჩქარებისათვის; ნაჩვენებია ზე-ალფენური დინების გენერაციის შესაძლებლობა: ასევე აღმოჩენილია დინების აჩქარებისა და მაგნიტური ველის გაძლიერების ერთდროული შესაძლებლობა სპეციფიური სასაზღვრო პირობებისათვის; ზოგიერთ შემთხვევებში ფონური დინება შესაძლებელია აჩქარდეს 100-ჯერ და მეტადაც, რასაც მივყავალტ ტრანზიენტული ჯეტების ფორმირებამდე, მაშინ როდესაც მაგნიტური ველის გაძლიერება ნაკლებად მკვეთრია.

**გამოქვეყნდა სტატია:**

A.A. Barnaveli and N.L. Shatashvili. *Mechanism for Flow Generation/Acceleration in Dense Degenerate Stellar Atmospheres. Astrophys. Space Sc.* 362: 164, 12pages (2017). ArXiv:1707.09216  
DOI: [10.1007/s10509-017-3147-3](https://doi.org/10.1007/s10509-017-3147-3)

The mechanism for flow generation in dense degenerate stellar atmospheres is suggested when the electron gas is degenerate and ions are assumed to be classical. It is shown, that there is a catastrophe in such system—fast flows are generated due to magneto-fluid coupling near the surface. Distance over which acceleration appears is determined by the strength of gravity and degeneracy parameter. Application of this mechanism for White Dwarfs' atmospheres is examined and appropriate physical parameter range for flow generation/acceleration is found; possibility of the super-Alfvénic flow generation is shown; the simultaneous possibility of flow acceleration and magnetic field amplification for specific boundary conditions is explored; in some cases initial background flow can be accelerated 100 and more times leading to transient jet formation while the Magnetic field amplification is less strong.

(ii) შესწავლილია კომპაქტური ობიექტების გარე ფენებში ელექტრონულ-პოზიტრონული აირის წონასწორული სტრუქტურები რელატივისტური განზოგადოებული გრიგალის ტენზორის აგებითა და ორმაგი ბელტრამი-ბერბულის წონასწორული მდგომარეობების/სტრუქტურების არსებობის ჩვენების საფუძველზე. თეორიული განხილვა ეფუძნება გადაგვარებული რელატივისტური აირის მდგომარეობის განტოლებას გრავიტაციული ეფექტების გათვალისწინებით. ამისათვის მოძრაობის განტოლება გადაწერილია ცენტრალური სიმეტრიის ველში შვარცშილდის მეტრიკის გამოყენებით. ნაპოვნია პირობები პულსარის ქვედა მაგნიტოსფეროში პოლარულ არეებში სწრაფი გარედინების/ჯეტის ფორმირებისათვის. გამოკვლეულია რელატივისტური გრავიტაციისა და ორსითხოვნების ეფექტები ამ პროცესში. როგორც ქვე-ამოცანა, შესწავლილია თეთრი-ჯუჯის გარე-შრეში შებრუნებული

დინამოს ამოცანა და ნაჩვენებ იქნა დიდ-მასშტაბიანი მაგნიტური და სიჩქარის ველების გენერირების ერთდროული შესაძლებლობა. გამოკვლეულია ამ პროცესების ხელსაყრელი პარამეტრების არეები.

**მზადდება სტატია გამოსაქვეყნებლად:**

**Jokhadze, N.L. Shatashvili, A.G. Tevzadze.** *Fast Outflow generation in Pulsar Lower Magnetosphere with degenerate relativistic electron-positron plasma. MNRAS (in preparation)*

**აღნიშნულ ამოცანაზე გაკეთდა მოხსენება მეხუთე საფაკულტეტო სტუდენტურ კონფერენციაზე:**

1. **ირაკლი ჯოხაძე.** „რელატივისტური წონასწორული მდგომარეობები კომპაქტური ობიექტების გარე შრეში“.
2. **მარიამ ალბეციონი.** „მაგნიტური ველისა და დინების გენერირება/გამლიერება კომპაქტური ვარსკვლავების გარე შრეში შეზღუდული დინამოს მექანიზმით“.

ირაკლი ჯოხაძემ გააკეთა მოხსენება „წონასწორული სტრუქტურები პულსარის ქვედა მაგნიტოსფეროში“ მეხუთე საფაკულტეტო ყოველწლიურ კონფერენციაზე და დაიკავა 1 ადგილი სტუდენტ ფიზიკოსთა შორის. <http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/763>

#	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
3	მაგნიტო-ჰიდროდინამიკური ბმები და რხევები ვარსკვლავების ატმოსფეროში <b>ფიზიკა-ასტროფიზიკა</b>	ნანა შათაშვილი ალექსანდრე თევზაძე	ნანა შათაშვილი ალექსანდრე თევზაძე ელენე უჩავა დავით ხუციშვილი

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

(i) შესწავლილია ანიზოტროპული მაგნიტოჰიდროდინამიკური არამდგრადობები ძლიერად დამაგნიტებული წანაცვლებითი დინებებში. ნაჩვენებია შლანგური არამდგრადობის თვისებები სითბური ნაკადების გათვალისწინებით. ნაჩვენებია, რომ არამდგრადობა შეიძლება განვითარდეს ასიმეტრიულად შეშფოთებებსთვის, რომლებიც ვრცელდებიან დინების გასწვრივ და საპირისპირო მიმართულებით. შემოტავაზებულია, რომ ამ ტიპის ფეკტები შესაძლოა იწვევდნენ მზის ქარის ტურბულენტობის სპექტრის დისბალანსს.

**გაგზავნილია გამოსაქვეყნებლად:**

**E. S. Uchava, A. G. Tevzadze, B. M. Shergelashvili, S. Poedts.** „*Velocity shear effects on the firehose instability with anisotropic heat fluxes*“. *Phys. Plasmas* (submitted).

(ii) გაგრძელდა ქრომოსფერული სპიკულების დოპლერის სიჩქარების და ნახევარ სიგანეების დროში ცვლილების შესწავლა აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ოსერვატორიის 53-სანტიმეტრიანი კორონოგრაფის საშუალებით. შესწავლილია სერია H $\alpha$  სპიკულების სპექტროგრამები მზის ქრომოსფეროში 7500 კმ სიმაღლეზე. სპექტროგრაფზე შეზღუდული დისპერცია ტოლია 0.96 Å/mm-ის. დოპლერის სიჩარეები გაზომილ



იქნა 35 სპიკულისათვის 4.5წმ საშუალო დაშორებით და სტანდარტული ცდომილებით შესაბამისად  $\pm 0.3$  km/s და  $0.03$  Å. თითქმის ყველა სპიკულის სივრცის ხანგრძლივობაა 12-16 min, შესაბამისად ისინი I ტიპის სპიკულებია. შესწავლილია დოპლერის წანაცვლების დროითი ვარიაციები. რხევები ნაპოვნია როგორც სიჩქარეში ასევე სიგანეში პერიოდებით 4-9 min (240-540 s) 95% სიზუსტით და აშკარა ანტი-ფაზური კავშირებით (რაც უფრო ძლიერია დოპლერის სიჩქარე მით მცირეა დოპლერის სიგანე და პირიქით) ყველა 35 სპიკულში. სპიკულების აღმოჩენილი დოპლერის სიჩქარეებისა და ნახევარსიგანეების პერიოდულობის დროში ცვლილების ანტიკორელაცია დიდი პერიოდებით შესაძლებელია აიხსნას I ტიპის სპიკულებში ტურბულენტური პლაზმის ზევით და ქვევით მოძრაობით; მაგრამ მცირე პერიოდების შემთხვევაში კი სპიკულის ღერძის გარშემო 2 წრფივად პოლარიზებული მკვდ კინკ-ტალღების სუპერპოზიციის შემდგომი სპირალური მოძრაობით.

#### გამოქვეყნდა სტატია:

**D. Khutsishvili, T. Zaqarashvili, E. Khutsishvili, T. Kvernadze, V. Kulidzanishvili, V. Kakhiani, M. Sikharulidze.** *Anti-phase oscillations of H $\alpha$  line Doppler velocity and width in solar limb spicules.* ***Astrophysics and Space Science***, 362(12), article id. #235, 10 pp (2017).

Spectroscopic observations of limb spicules were carried out during September 25 and October 17-19, 2012 in H $\alpha$  line using large 53-cm non-eclipsing coronagraph of Abastumani Astrophysical Observatory (Georgia). The spectrograph slit was located at the height of about 7500 km above the solar limb. Spectrograms in H $\alpha$  line were obtained in a second order of the spectrograph, where reversed dispersion equal to  $0.96$  Å/mm. Doppler velocities and FWHM of 35 spicules were measured with the average cadence of 4.5 s and standard error equal to  $\pm 0.3$  km/s and  $0.03$  Å, respectively. Lifetimes of almost all measured spicules were 12-16 min, therefore they resemble type I spicules. We studied the temporal variations of Doppler shift and width of H $\alpha$  line using the Lomb periodogram algorithm for unevenly distributed time series. We found the oscillations in both, velocity and width, with periods of 4-9 min (240-540 s) at confidence levels of 95% and clear anti-phase relations (stronger Doppler velocity-weaker Doppler width and vice versa) between Doppler velocity and FWHM in all 35 spicules. The observed anti-phase oscillation with long periods can be explained by up and down motions of turbulent plasma in type I spicules, but the oscillations with shorter periods can be caused by helical motion of spicule axis formed after superposition of two linearly polarised magnetohydrodynamic kink waves.

- (iii) აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში მიღებულია წყალბადის H $\alpha$  და ჰელიუმის D $_3$  სპექტროგრამები დიდ არა-ეკლიფსურ კორონაგრაფზე 2012 წლის 21 ნოემბერსა და 2015 წლის 20 ივლისს რათა შესწავლილ ყოფილიყო პლაზმური პროტუბერანცების სიჩქარეები. ამ მონაცემების ანალიზით მიღებულია შემდეგი ძირითადი შედეგები: ნაპოვნია დოპლერის სიჩქარესა და ნახევრად-სიგანეებს შორის დროითი ვარიაციების ასიმეტრია H $\alpha$  პროტუბერანცებში.

#### გამოქვეყნდა სტატია:

M. Sikharulidze, R. Chigladze, **D. Khutsishvili, T. Kvernadze, E. Khutshishvili, V. Kakhiani, G. Kurkhuli.** *Physical Processes in the "Feet" of Solar Prominences.* ***Astrophysics***, **60(3)**, 401 (2017).

Spectrograms of hydrogen H $\alpha$  and helium D $_3$  were obtained with a large non-eclipsing coronagraph on November 21, 2012 and July 20, 2015 for a study of the velocities of the plasma in prominences at the Abastumani Astrophysical Observatory. An analysis of this data yielded the following major results: an asymmetry is observed in the time variations in the Doppler velocities and half widths of the H $\alpha$  prominences. This asymmetry appears in roughly 40% of the 227 spectrograms that were studied. This kind of asymmetry is observed in 70% of the 320 D $_3$  spectrograms that were studied. In the "feet" of the

H $\alpha$  prominences, the Doppler velocities vary over a range of approximately -9 to -15 km/s, and in the “feet” of the D $_3$  prominences, from -8 to -18 km/s. For the H $\alpha$  prominences the period of the oscillations in the velocity varies over 3-5 min and the period of the oscillations in the half width ranges from 5 to 12 min. For the D $_3$  prominences the period of the oscillations in the Doppler velocities varies over 7-10 min, and the period of the oscillations in the half width ranges from 5-10 min.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
4	კოსმოსური მაგნიტური ველების და ტურბულენტობის მოდელირება <b>ფიზიკა - ასტროფიზიკა</b>	ალექსანდრე თევზაძე	ალექსანდრე თევზაძე
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
შესწავლილია მაგნიტური ველის ევოლუცია დამაგნიტებული ტურბულენტობის ევოლუციისას, როდესაც საწყის მომენტში დომინირებს მაგნიტური ველის ენერგია. ნაჩვენებია ტურბულენტობის თავისუფალი მიღების სხვადასხვა კლასები, რომლებიც შეიძლება წარმოიშვნენ ელექტროსუსტი ფაზური გადასვლისას და მიიღვიან გაფართოებად სამყაროში. ნაჩვენებია სტოქასტური მაგნიტური ველის თვისებები დიდ მასშტაბებზე, რომლებმაც შეიძლება შეიტანონ წვლილი დაკვირვებულ ზეგალაქტიკურ მაგნიტური ველის წარმოშობაში.			
<p><b>პუბლიკაციები გაგზავნილია გამოსაქვეყნებლად:</b>                      Brandenburg, A., Kahniashvili, T., Mandal, S., Roper Pol, A., <b>Tevezadze, A.</b>, Vachaspati, T., <i>“The dynamo effect in decaying helical turbulence”</i>, Physical Review Letters (submitted)                      Brandenburg, A., Kahniashvili, T., Mandal, S., Roper Pol, A., <b>Tevezadze, A.</b>, Vachaspati, T., <i>“Evolution of hydromagnetic turbulence from the electroweak phase transition”</i>, Phys. Rev. D (submitted)</p>			

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
5	ასტროფიზიკური დისკების მდგრადობა და სტრუქტურების ფორმირება პროტოპლანეტარულ და გალაქტიკურ მასშტაბებზე <b>ფიზიკა - ასტროფიზიკა</b>	ალექსანდრე თევზაძე	ალექსანდრე თევზაძე ლუკა პონიატოვსკი სალომე მჭედლიძე
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

შესწავლილია ასტროფიზიკური დისკები რეოლოგიური სიბლანტით. ამ ტიპის დინება შესაძლებელია დაიშვიროს გრანულარული გარემოს შემთხვევაში (პლანეტარული რგოლები, პროტოპლანეტარული დისკი), ან აკრეციულ დისკებში ტურბულენტური სიბლანტით, როდესაც ტურბულენტობის ინტენსივობა დამოკიდებულია სიჩქარის წანაცვლებასა და წნევაზე. გამოყენებულია ლოკალური მიახლოება, რომლის ფარგლებშიც უგულვებელყოფთ დინების სიმრუდეს, მაგრამ ვინარჩუნებთ კორიოლისის ძალისა და სიბლანტის ძალის ზეგავლენას. ნაპოვნია ახალი ტიპის ბლანტი ბრუნვითი არამდგრადობა, რომელმაც მნიშვნელოვანი გავლენა უნდა იქონიოს შესწავლილი დისკების დინამიკაში. არამდგრადობა მიიღება სიბლანტის ძალისა და დიფერენციალური ბრუნვით გამოწვეული კორიოლისის ძალის ზედდებით.

შესწავლილია დიდმასშტაბოვანი გრავიტაციული მდგრადობა გალაქტიკაში და ვარსკვლავთწარმოშობის პროცესი გარეშე ფარული მასის გრავიტაციულ ველში. ნაჩვენებია თუ რა ზეგავლენა შეიძლება მოახდინოს ფარული მასის ასიმეტრიამ ვარსკვლავთწარმოშობის პროცესზე. გამოყენებულია გრავიტაციული პოტენციალის მულტიპოლური გაშლა და ნაჩვენებია ჯინსის არამდგრადობით გამოწვეული პროცესები. ნაჩვენებია ლუწი და კენტი სპერული ჰარმონიკების თვისებები და მათი კავშირი ფარული მასის ჰალოს თვისებებთან. ამოხსნილია შებრულებული ამოცანა, როდესაც ვარსკვლავების მასების განაწილების სტატისტიკიდან შესაძლებელი იქნება ფარული მასის გალაქტიკური ჰალოს ასიმეტრიის თვისებების შეზღუდვა.

**გამოქვეყნებულია პუბლიკაცია:**

**L.G. Poniatowski, A.G. Tevzadze, *Viscorotational shear instability of Keplerian granular flows, Physical Review E*, 96, 010901 (2017)**

The linear stability of viscous Keplerian flow around a gravitating center is studied using the rheological granular fluid model. The linear rheological instability triggered by the interplay of the shear rheology and Keplerian differential rotation of incompressible dense granular fluids is found. Instability sets in in granular fluids, where the viscosity parameter grows faster than the square of the local shear rate (strain rate) at constant pressure. Found instability can play a crucial role in the dynamics of dense planetary rings and granular flows in protoplanetary disks.

**ზზადდება გამოსაქვეყნებლად:**

S. Mtchedlidze, A. Tevzadze, *“Gravitational stability of non-radial modes and star formation in the galactic dark matter halo”*, **Phys. Rev. D** (in preparation)

II. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	მაგნიტური ველები	შოთა რუსთაველის	ალექსანდრე	ალექსანდრე

	<p>სამყაროში: წარმოშობა, ევოლუცია და დაკვირვებითი გამოვლინებები</p> <p>მიმართულება: ფიზიკა - ასტროფიზიკა</p>	<p>ეროვნული სამეცნიერო ფონდი</p> <p><b>FR/264/6-350/14</b></p>	<p>თევზაძე (თანამონაწილე ორგანიზაციის მხრიდან, თსუ)</p>	<p>თევზაძე (თანამონაწილე ორგანიზაციის მხრიდან, თსუ)</p>
--	--	--	---	---

დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

შესწავლილია კოსმოსური მაგნიტოჰიდროდინამიკური ტურბულენტობის ევოლუცია სამყაროს ადრეული ეტაპებიდან დღემდე. ნაჩვენებია თავისუფალი მილევის სხვადასხვა კანონზომიერებები. შესწავლილია მაგნიტური ველის ევოლუცია ფაზური გადასვლების დროს. ნაჩვენებია, რომ მილევის პროცესში შესაძლებელია ინახებოდეს ახალი ტიპის ტოპოლოგიური ინვარიანტები, რომლებიც იქვევენ ტურბულენტობის უკუ კასკადს არასპირალური ტურბულენტობისთვისაც.

**გამოქვეყნდა სტატიები:**

T. Kahnishvili, A. Brandenburg, R. Durrer, A. Tevzadze, W. Yin, *Scale-invariant helical magnetic field evolution and the duration of inflation, J. Cosmology and Astroparticle Physics, 12, 002 (2017).*

We consider a scale-invariant helical magnetic field generated during inflation. We show that, if the mean magnetic helicity density of such a field is measured, it can be used to determine a lower bound on the duration of inflation. Even if we just have upper bounds on the helicity, these can be used to derive constraints on the minimal duration if one assumes that the magnetic field generated during inflation is helical. Using three-dimensional simulations, we show that an initially scale-invariant field develops, which is similar both with and without magnetic helicity. In the fully helical case, however, the magnetic field appears to have a more pronounced folded structure.

IV. 4.

2	<p>პროექტის დასახე- ლება მეცნიერების დარგისა და სამეც- ნიერო მიმართულე- ბის მითითებით</p>	<p>დამფინანსებელი ორგანიზაცია</p>	<p>პროექტის ხელმძღვანელი</p>	<p>პროექტის შემსრულებლები</p>
<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p>				

V. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის	გამოცემის ადგილი,	გვერდების
---	-----------------	-------------	-------------------	-----------

		სათაური	გამომცემლობა	რაოდენობა
1				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					

## VI. 2. პუბლიკაციები:

## ბ) უცხოეთში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	A.A. Barnaveli and <b>N.L. Shatashvili.</b>	<i>Mechanism for Flow Generation/Acceleration in Dense Degenerate Stellar Atmospheres.</i>	<i>Astrophys. Space Sc. 362: 164,</i> (2017). ArXiv:1707.09216 DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s10509-017-3147-3">10.1007/s10509-017-3147-3</a>	ჰოლანდია SPRINGER	12
2	<b>L.G. Poniatowski,</b> <b>A.G. Tevzadze</b>	<i>Viscorotational shear instability of Keplerian granular flows</i>	<i>Physical Review E</i> , Volume 96, Issue 1, id.010901 DOI: <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.010901">10.1103/PhysRevE.96.010901</a>	აშშ APS	5
3	T. Kahniashvili, A. Brandenburg, R. Durrer, <b>A. Tevzadze,</b> W. Yin	<i>Scale-invariant helical magnetic field evolution and the duration of inflation</i>	<i>J. Cosmology and Astroparticle Physics, 12</i> , article id. 002 (2017). DOI: <a href="https://doi.org/10.1088/1475-7516/2017/12/002">10.1088/1475-7516/2017/12/002</a>	IOP	19
4	<b>D. Khutsishvili,</b> T. Zaqarashvili, E. Khutsishvili, T. Kvernadze, V. Kulidzanishvili, V. Kakhiani, M. Sikharulidze.	<i>Anti-phase oscillations of H<math>\alpha</math> line Doppler velocity and width in solar limb spicules.</i>	<i>Astrophysics. Space Science,</i> 362(12), article id. #235, 10 pp (2017). DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s10509-017-3213-x">10.1007/s10509-017-3213-x</a>	ჰოლანდია SPRINGER	10
5	M. Sikharulidze, R. Chigladze, <b>D.</b> <b>Khutsishvili,</b> T. Kvernadze, E. Khutshishvili, V. Kakhiani, G. Kurkhuli.	<i>Physical Processes in the „Feet“ of Solar Prominences.</i>	<i>Astrophysics, 60(3)</i> , pp.401-407 (2017). DOI: <a href="https://doi.org/10.1007/s10511-017-9493-6">10.1007/s10511-017-9493-6</a>	ჰოლანდია SPRINGER	8

VII. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო  
ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის  
ფარგლებში)

## ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	<b>ნანა შათაშვილი - invited speaker</b>	<i>Magneto-Fluid Coupling in Dynamic Finely Structured Solar Atmosphere – Theory and Simulation</i>	თბილისი, 25-29 სექტემბერი, 2017 საერთაშორისო კონფერენცია: <b>Our Mysterious Sun: magnetic coupling between solar interior and astmposphere</b> <a href="http://solar-conference.iliauni.edu.ge/">http://solar- conference.iliauni.edu.ge/</a>

2	ნანა შათაშვილი, ვაჟა ბერეჟიანი	ელექტრომაგნიტური კონების თვითწარმართვა გამა- წყაროების გადაგვარებულ რელატივისტურ ელექტრონ- პოზიტრონულ პლაზმაში	თბილისი, თსუ, მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში ENS 2017 7-10 თებერვალი, 2017 <a href="http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/690">http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/690</a>
3	ერეკლე არშილავა, ბექა მოდრეკილაძე	ჰიდროდინამიკური ჯეტების ფორმირება პროტოვარსკვლავურ აკრეციულ დისკებში ტურბულენტური სიბლანტით	თბილისი, თსუ, მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში ENS 2017 7-10 თებერვალი, 2017 <a href="http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/724">http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/724</a>
4	მარიამ გოგილაშვილი, ვაჟა ლოლაძე	ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების აკრეციული დისკების ჯეტების ორსითხოვანი მჰდ აღწერა	თბილისი, თსუ, მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში ENS 2017 7-10 თებერვალი, 2017 <a href="http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/722">http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/722</a>
5	ირაკლი ჯოხაძე	წონასწორული სტრუქტურები პულსარის ქვედა მაგნიტოსფეროში	თბილისი, თსუ, მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში ENS 2017 7-10 თებერვალი, 2017 <a href="http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/763">http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/763</a>
6	მარიამ ალბეციონი	მაგნიტური ველისა და დინების გენერირება/გამლიერება კომპაქტური ვარსკვლავების გარე შრეში შებრუნებული დინამოს მექანიზმით	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/743">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/743</a>
7	ლუკა პონიატოვსკი	გრანულარული დინებების მოდელირება სამგანზომილებიან კუმშვად ასტროფიზიკურ დისკებში	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017

			<a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/729">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/729</a>
8	სალომე მჭედლიძე	ასიმეტრიული მოდების მდგრადობა და ვარსკვლავთწარმოშობა გალაქტიკის ფარული მასის ველში	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/732">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/732</a>
9	ერეკლე არშილავა	ჰიდროდინამიკური ჯეტების ფორმირების მოდელი ტურბულენტური აკრეციული დისკებიდან ჰერბიგ-ჰარო ობიექტების მაგალითზე	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/706">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/706</a>
10	მარიამ გოგილაშვილი	ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტების დისკი-ჯეტის სტრუქტურის ერთსიბოვანი მკვდ მოდელი ტურბულენტური სიბლანტით	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/707">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/707</a>
11	ვაჟა ლოლაძე	დისკი-ჯეტის ორსიბოვანი სტაციონარული ბელტრამის მკვდ მოდელი	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/711">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/711</a>
12	ბექა მოდრეკილაძე	პროტოვარსკვლავური დისკი-ჯეტის ბელტრამის მოდელი ტურბულენტური სიბლანტით	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/705">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/705</a>
13	ირაკლი ჯოხაძე	რელატივისტური წონსაწორული მდგომარეობები კომპაქტური ობიექტების გარე შრეში	მეხუთე სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 10-15 ივლისი, 2017 <a href="http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/733">http://conference.sens-2017.tsu.ge/lecture/view/733</a>



## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	Kvernadze, Teimuraz; Kurkhuli, George; Kakauridze, George; Kilosanidze, Barbara; Kulijanishvili, Vazha; Khutsishvili, Eldar; <b>Khutsishvili, David</b>	<i>Innovative polarization- holographic imaging Stokes polarimeter for observational studies of the solar spicules: the first results</i>	<b>American Astronomical Society, AAS Meeting #229</b> , id.437.05  3-7 January 2017 at the Gaylord Texan Resort & Convention Center in Grapevine, Texas, USA.  <a href="https://aas.org/meetings/aas229">https://aas.org/meetings/aas229</a>
2	<b>Luka Poniatowski</b> – <u>poster presentation</u>	<i>Visco-rotational shear instability of differentially rotating granular disks</i>	Int. Conference “The expanding Universe of plasma physics (Les Houches, France) 2-12.05.2017 <a href="http://ipag.osug.fr/~lesurg/plasmas2017">ipag.osug.fr/~lesurg/plasmas2017</a>

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი:  
**თსუ ზუსტ და საზუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი. ფიზიკის მიმართულება. ელემენტარული ნაწილაკები და კვანტური ველების კათედრა**

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: **პროფ. მერაბ ელიაშვილი**

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:

- ა) მერაბ ელიაშვილი - სრული პროფესორი.
- ბ) მერაბ გოგბერაშვილი - ასოცირებული პროფესორი.
- გ) გიორგი ციციშვილი - ასოცირებული პროფესორი
- დ) რევაზ შანიძე - ასოცირებული პროფესორი.
- ე) თეიმურაზ ნადარეიშვილი - ასისტენტ პროფესორი

III.1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

**III. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	სპინის ფიზიკა (თეორია).თვითშეუღლებული გაფართოების კვლევა არარელატივისტურ და ერთ და ორნაწილაკოვან რელატივისტურ განტოლებებში.	ანზორ ხელაშვილი	ანზორ ხელაშვილი თეიმურაზ ნადარეიშვილი
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

სამუშაო ჯერ არ არის დასრულებული. ამ ეტაპზე კი, 2017 წელს მიღებულია შემდეგი შედეგები:

1. ნაჩვენებია, რომ დამატებითი ამოხსნები უნდა უგუვებელყოთ დირაკის განტოლებაში. შრედინგერის განტოლების მსგავსად აქაც ჩნდება დირაკის დელტა ფუნქცია, რომელიც შეუმჩნეველი რჩებოდა კვანტური მექანიკის არსებობის მთელი ისტორიის მანძილზე. ეს არაფიზიკური წევრი თავიდან აცილებული იქნა ტალღურ ფუნქციაზე სათავეში სათანადო სასაზღვრო პირობის დადებით.
2. აქსიალური სიმეტრიის მქონე პოტენციალებისათვის გამოკვლეულია თუ რა შემთხვევებში ხდება აუცილებელი განვიხილოთ დამატებითი ამოხსნები. როგორც კერძო მაგალითი ნაჩვენებია, რომ ერთგვაროვან მაგნიტურ ველში აუცილებელია დამატებითი ამოხსნების შენარჩუნება შრედინგერის განტოლებაში და ჩატარებულია თვითშეუღლებული გაფართოების ოპერაცია ლანდაუს დონეებისათვის  $m = 0$  მაგნიტური კვანტური რიცხვისათვის. ამ შემთხვევაში განზოგადებულია ლანდაუს დონეების ფორმულა, რომელშიც ადიტიური ფორმით შედის თვითშეუღლებულ პარამეტრზე დამოკიდებული წევრი. შესწავლილია აგრეთვე ორთოგონალობის საკითხი ტალღური ფუნქციებისათვის

2	სპინური დენების კვლევა ორგანზომილებიან სისტემებში სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედებით	მერაბ ელიაშვილი	მერაბ ელიაშვილი გიორგი ციციშვილი
---	---	-----------------	-------------------------------------

განხილულია მჭიდრო ბმის მოდელი სასრულ მესერზე სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედებით. დასმულია საკუთარი მნიშვნელობებისა და ენერგიების (სპექტრის) ამოცანა. ნაპოვნია შესაბამისი რეკურენტული განტოლების ამოხსნის ზოგადი გზა. ამჟამად მიმდინარეობს აღნიშნული ზოგადი ფორმის მორგება ფიზიკურად საინტერესო კონკრეტული შემთხვევებისათვის.

III.3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4	5

დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

## VIII. 4.

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
	სპინური დენები ორგანოზომილებიან სისტემებში	რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	გიორგი ციციშვილი	გიორგი ციციშვილი მერაბ ელიაშვილი

უწყვეტობის განტოლებების გამოყენებით მიღებულია სპინური დენის ტენზორის ანალიზური გამოსახულება. ფიზიკური მოსაზრებებიდან გამომდინარე დადგენილია აღნიშნული ტენზორის არსებითი კომპონენტები კონკრეტული ამოცანის პირობებში. არსებითი კომპონენტებისათვის რიცხვითი მეთოდების გამოყენებით მიღებულია 2D სისტემის განივკვეთში სრული სპინური დენი დამოკიდებულება ერთნაწილაკოვან იმპულსზე რობენის სასაზღვრო ამოცანის შემთხვევაში. აგებულია მრავალნაწილაკოვანი მდგომარეობა, სადაც ხორციელდება წმინდა სპინური დენის ფორმირება.

IX. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

## ა) საქართველოში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	თეიმურაზ ნადარეიშვილი	ამოცანათა კრებული კვანტურ მექანიკაში	გადაცემულია თსუ - ს სტამბაში დასაბეჭდად	169 გვერდი

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					

## II. 2. პუბლიკაციები:

## ბ) უცხოეთში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ანზორ ხელაშვილი და თეიმურაზ ნადარეიშვილი	Dirac's reduced radial equations and the problem of additional solutions International Journal of Modern Physics E	Vol 26, No7(2017) pages1750043-1-1750043-15	Word Scientific Publishing Company იხილეთ <a href="http://www.worldscientific.com/toc/ijmpe/26/07">http://www.worldscientific.com/toc/ijmpe/26/07</a>	15 გვერდი
2	მერაბ ელიაშვილი დავით	"Edge states of a periodic chain with four-band energy	86 (2017) 074712	The Physical Society of Japan	10 გვერდი

	კერესელიძე გიორგი ციციშვილი მიხეილ ციციშვილი	spectrum”, J. Phys. Soc. Jpn.			
3	მერაბ ელიაშვილი გიორგი ციციშვილი	“Boundary conditions and formation of pure spin currents in magnetic field” Physica E	93 (2017) 196	Elsevier	6 გვერდი
	მერაბ გოგბერაშვილი	“Conformal (2+4)- Braneworld”, <i>Int. J. Mod. Phys. D</i>	D 26 (2017) 1750125	World Scientific	7 გვერდი
	მერაბ გოგბერაშვილი და პავლე მიდოდაშვილი	“The LIGO signal GW150914 within the braneworld scenario”, in “ <i>Gravitational Waves: Explorations, Insights and Detection</i> ”, Ed. Isaac Carson	Chapter Four, 2017	Nova Science Publishers, NY	12 გვერდი
	მერაბ გოგბერაშვილი და უჩა ჩუტკერაშვილი	“Cosmological Constant in the Thermodynamic Models of Gravity”, <i>Theor. Phys.</i>	2 (2017) 163	Isaac Scientific Publishing	3 გვერდი

X. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო  
ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის  
ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	თეიმურაზ ნადარეიშვილი	ლანდაუს დონეების თვითმუდებული (თგპ) გაფართოების საკითხი	ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეხუთე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში 7-10 თებერვალი 2017.თბილისი. იხილეთ:

			<a href="http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/654">http://conference.ens-2017.tsu.ge/lecture/view/654</a>
2	რევაზ შანიძე	ნეიტრინული ფიზიკის და ასტროფიზიკის პროექტები IceCube და KM3NeT	უნივერსიტეტის მეხუთე საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, 9-10/2/2017 თბილისი, 2017
3	რევაზ შანიძე	Neutrino Oscillations and Probing the Neutrino Mass Hierarchy	School and Workshop "Physics of the Standard Model and Beyond" 28-30/9/2017, თბილისი იხილეთ: <a href="http://conferences.hepi.edu.ge/RTN_SM-BSM_2017/">http://conferences.hepi.edu.ge/RTN_SM-BSM_2017/</a>
4	რევაზ შანიძე	KM3NeT-ახალი თაობის ნეიტრინული ტელესკოპი ხმელთაშუა ზღვაში	საერთაშორისო კოსმოსური დღე-2017 30/11/2017 თბილისი, ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი იხილეთ: <a href="https://icd.desy.de/">https://icd.desy.de/</a>

## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	რევაზ შანიძე	Particle and Astroparticle Physics in Tbilisi State University	ANTARES/KM3NeT collaboration meeting, 13-17 February, 2017 Athens, Greece

## სხვა მნიშვნელოვანი აქტოვობა

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში შესრულებული სამაგისტრო ნაშრომი

#	სამაგისტრო ნაშრომის ხელმძღვანელი	მაგისტრანტი	სამაგისტრო ნაშრომის სათაური. დაცვის დრო და ადგილი
1	რევაზ შანიძე	გოგიტა პაპალაშვილი	აკრძალული ლეპტონური პროცესების ექსპერიმენტული შესწავლა მიუონური ატომების საშუალებით 12 ივლისი, 2017 თბილისი, თსუ

- სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის კათედრა, კონდენსირებული გარემოს ფიზიკისა და პერსპექტიულ მასალათა სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი
- სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: პროფესორი ალექსანდრე შენგელაია
- სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა: ასოცირებული პროფესორი ამირან ბიბილაშვილი, ასოცირებული პროფესორი თამარ ჭელიძე, დოქტორი დიმიტრი დარასელია, დოქტორი დავით ჯაფარიძე, დოქტორი ზურაბ ჯიბუტი, დოქტორანტი გიორგი ხაზარაძე დოქტორანტი ზურაბ ყუშიტაშვილი.

I. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1			
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

I. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

I. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს,



ისე მათთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება-მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	გამჭვირვალე გამტარი ოქსიდების სინთეზი და კვლევა	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	ალექსანდრე შენგელაია	დიმიტრი დარასელია დავით ჯაფარიძე თამარ ჭელიძე თორნიკე გაგნიძე ეკატერინე ჩიკოძე ივ დიუმონი

დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

პროექტი ეხებოდა თანამედროვე ტექნოლოგიის ისეთ მნიშვნელოვან საკითხს, როგორცაა გამჭვირვალე გამტარი ოქსიდების თხელი ფირების მიღება და შესწავლა. გამჭვირვალე გამტარი ოქსიდები (გგო) ფართოდ გამოიყენება როგორც საფარი სითბო-ამრეკლი ფანჯრებისათვის, ანტისტატიკური ხელსაწყოების ფანჯრებისათვის, ასევე სატრანსპორტო საშუალებების ფანჯრების გამათბობლებში, ელექტროქრომულ ხელსაწყოებში, მზის ელემენტებში, თხევადკრისტალურ ეკრანებსა და ელექტროქიმიურ ელემენტებში. ინდუსტრიაში დღეისათვის ყველაზე გავრცელებული მასალების, როგორცაა კალით ლეგირებული ინდიუმის ოქსიდი და ფტორით ლეგირებული კალის ოქსიდი, გამოყენება საკმაოდ შეზღუდულია. გამტარობისა და გამჭვირვალობის არაოპტიმალურობა, ინდიუმის ნედლეულის მაღალი ფასი და ზოგიერთ მოწყობილობებში მასალების ქიმიური არასტაბილურობა მნიშვნელოვნად აფერხებს მათ გამოყენებას. გარდა ამისა, იმისათვის, რომ სრულად გამოვიყენოთ გგო ტექნოლოგიის პოტენციალი, აუცილებელია როგორც ელექტრონული n-ტიპის, ასევე ხვრელური p-ტიპის გამტარობის მქონე ნიმუშების, ანუ ბიპოლარობის არსებობა. პროექტში დამუშავებულია n- და p-ტიპის გგო თხელი ფირების სინთეზის იაფი და სწრაფი მეთოდი. სამიზნე შენაერთების ფუნდამენტური თვისებების შესასწავლად პროექტის ფარგლებში განხორციელდა მათი კვლევა ექსპერიმენტული და თეორიული მეთოდების ფართო სპექტრის გამოყენებით. პროექტში მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ სწრაფი და იაფი პიროლიზური გაფრქვევის ტექნოლოგიით შესაძლებელია საკმაოდ მაღალი ხარისხის და პარამეტრების მქონე n- და p-ტიპის გამჭვირვალე გამტარი ოქსიდების მიღება, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ასეთი მასალების პრაქტიკული გამოყენებისათვის. მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია როგორც ამ მასალებზე ფუნდამენტური წარმოდგენების მისაღებად, ასევე მათი გამოყენების თვალსაზრისით. პროექტის ფარგლებში დამუშავებული

პიროლიზური გაფრქვევის და შემდგომი ფოტოსტიმულირებული მყარსხეულოვანი რეაქციის მეთოდი საკმაოდ უნივერსალურია და შესაძლებლობას იძლევა ფუნქციონალური ოქსიდების თხელი ფირების ფართო კლასის სწრაფი და ეფექტური სინთეზისათვის დაბალ ტემპერატურებზე.

I. 4.

№	პროექტის დასახელება-მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	ფოტოსტიმულირებული მეთოდით პეროვსკიტის მზის ელემენტის მიღება	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	დავით ჯაფარიძე	ალექსანდრე შენგელაია დიმიტრი დარასელია ზურაბ ჯიბუტი როინ ჭედია თორნიკე გაგნიძე

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ამჟამად მასალების ახალი კლასი - ჰიბრიდული პეროვსკიტები, განიხილება როგორც ერთ-ერთი ყველაზე პერსპექტიული შენაერთები მზის ელემენტების შესაქმნელად. 2009 წლის შემდეგ პეროვსკიტების თხელ ფირებიან მზის ელემენტებში ეფექტურობა გაიზარდა 4%-დან 20%-მდე, რამაც არნახული ინტერესი გამოიწვია. პეროვსკიტის მზის ელემენტებს შეუძლიათ გააერთიანონ სილიციუმის და GaAs-ის მაღალი ეფექტურობა თხელი ფირების დაფენის მარტივ და იაფ ტექნოლოგიასთან. საუკეთესო მახასიათებლების პეროვსკიტის მზის ელემენტების დამზადებისათვის გადამწყვეტია მაღალი ხარისხის პეროვსკიტის ფირის ფორმირება, რომლისათვისაც თერმული გამოწვის პროცესი აუცილებელია. აღმოჩნდა, რომ ამ მეთოდით უწყვეტი, დეფექტებისგან თავისუფალი და საჭირო სისქის პეროვსკიტის ფენის დაფენა რთულია. მიმდინარე პროექტში შემოთავაზებულია პეროვსკიტების თხელი ფირების და მზის ელემენტების სინთეზის ახალი მეთოდი რომელიც ეფუძნება ჩვენი ჯგუფის მიერ უკანასკნელ პერიოდში აღმოჩენილ და განვითარებულ მეთოდს რომელსაც დავარქვით ფოტოსტიმულირებული მყარსხეულოვანი რეაქცია. ნაჩვენები იყო, რომ ასეთი რეაქციის სიჩქარე აღემატება მყარსხეულოვანი რეაქციის სიჩქარეს ჩვეულებრივ ღუმელში ორი-სამი რიგით. პროექტის მიზანია პეროვსკიტის მზის ელემენტების დამზადებაში ამჟამად გამოყენებული თერმული პროცესის ჩანაცვლება ფოტოსტიმულირებული სინთეზით რაც იქნება ძალიან ეფექტური ტექნოლოგია როგორც ლაბორატორიული კვლევებისათვის ასევე ფართომასშტაბიანი წარმოებისათვის.

მიმდინარე პერიოდში პროექტის გეგმის შესაბამისად განხორციელდა შემდეგი აქტივობები:

1. მოხდა პროექტის შესრულებისთვის საჭირო ხელსაწყოების იუსტირება და მომზადება ექსპერიმენტებისთვის. ასევე ჩატარდა არსებული ფოტონური დასხივების დანადგარების ადაპტაცია დაგეგმილი ამოცანების შესასრულებლად.
2. ჩატარდა პეროვსკიტის და ტიტანის დიოქსიდის მისაღებად საჭირო პრეკურსორების სინთეზი.
3. პეროვსკიტის და ტიტანის დიოქსიდის თხელი ფენები დაფენილ იქნა ფტორით დოპირებული კალის ოქსიდით მოდიფიცირებულ მინების ზედაპირზე. ამის შემდეგ მოხდა თხელი ფირების ფოტონური დასხივება მათი კრისტალური სტრუქტურის ჩამოყალიბების მიზნით.
4. განხორციელდა დასხივებული ფენების მიკროსტრუქტურული, რენტგენო-სტრუქტურული, ოპტიკური და ელექტრული თვისებების შესწავლა.
5. მიღებული ექსპერიმენტული ინფორმაციის საფუძველზე განხორციელდა მზის ელემენტის შემადგენელი თხელი ფირების სინთეზის პირობების ოპტიმიზაცია.

№	პროექტის დასახელება-მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებელი
1	გამოსხივების ციმციმის გამოკვლევა ნანოსტრუქტურებში	შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების ცენტრი უკრაინაში	თამარ ჭელიძე	თამაზ კერესელიძე ზაალ მაჭავარიანი თეიმურაზ ნადარეიშვილი ქეთევანი გამყრელიძე

ნახევარგამტარული კვანტური სტრუქტურები (ნანოსტრუქტურები) მკვლევარების დიდ ინტერესს იმსახურებს როგორც ფუნდამენტალური კვლევის, ასევე პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით. ეს ძირითადად მათი თვისებების ზომაზე დამოკიდებულებას და ელექტრონული სპექტრის ატომის მაგვარ ხასიათს უკავშირდება. ნანოსტრუქტურები ძალიან მნიშვნელოვან ოპტიკურ მასალებს წარმოადგენენ, რომელებსაც გამოყენების ფართო დიაპაზონი გააჩნიათ მათი ისეთი გამორჩეული ფიზიკური თვისებების გამო, როგორცაა დაახლოებით 10-ჯერ მაღალი სიკაშკაშე, გამოსხივების ტემპერატურული სტაბილურობა და გეომეტრიული ზომებით მართვადი ოპტიკური თვისებები. კვანტური სტრუქტურების პოტენციალის სრული რეალიზაციისთვის, აუცილებელია შემდეგი კრიტერიუმების დაკმაყოფილება: ნანოკრისტალების ზომის ერთგვაროვნება, ფოლოლუმინესცენციის მაღალი კვანტური გამოსავალი, ვიწრო და სიმეტრიული გამოსხივების სპექტრები და

გამოსხივების მინიმუმამდე დაყვანილი ციმციმი, რაც აუცილებელია გამოსხივებული სინათლის სტაბილურობისათვის. ბოლო ორ ათწლეულში მნიშვნელოვანი წარმატებები იქნა მიღწეული ერთგვაროვანი ზომის კვანტური სტრუქტურების სინთეზში, ასევე მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდა ლუმინესცენციის კვანტური გამოსავალი და მონოქრომატულობის ხარისხი. თუმცა ნანოკრისტალებისთვის დამახასიათებელია გამოსხივების წყვეტილობა, ციმციმი *მუდმივი ფოტოალზნების პირობებში*. გამოსხივებისას ადგილი აქვს ნათელი („ჩართვა“ - „on“) და ბნელი („გამორთვა“ - „off“) მდგომარეობების ქაოსურ მონაცვლეობას, რომელთა შორის დროითი შუალედი მილიწამებიდან წუთებამდე მერყეობს. ეს ფაქტი მნიშვნელოვნად ზღუდავს ნანოკრისტალების გამოყენებას იმ სფეროებში, სადაც უწყვეტი გამოსხივება მოითხოვება, მაგალითად, სინათლის გამომსხივებელი დიოდები და ინდივიდუალური ნანონაწილაკების დეტექტორები ბიოლოგიაში.

პროექტის ფარგლებში დაგეგმილი იყო ნახევარგამტარულ ნანოკრისტალებში ლუმინესცენციის ციმციმის თეორიული მოდელის განვითარება, რომელიც დაფუძნებული იქნება სტრუქტურებში არსებული დეფექტების და მინერაგების კომპლექსებზე. მოდელის საფუძლველზე შევისწავლით გამოსხივების დინამიკას სხვადასხვა ზომის ფორმის და ნივთიერების განაწილების პროფილის მქონე ნანოსკრისტალებისთვის.

ამ მიზნით საანგარიშო პერიოდში ჩატარდა შემდეგი სამუშაოები:

სფერული, ცილინდრული და ელიპსოიდური ფორმის კვანტურ სტრუქტურებში გამოთვლილია ნეიტრალური და დამუხტურლი კომპლექსების - ექსიტონების, ტრიონების, დონორული და აქცეპტორული მინარევების - ელექტრონული მდგომარეობები და გამოთვლილია მის მიერ შექმნილი ელექტრული ველი. შესწავლილია დიპოლური გადასვლების ალბათობები და მოდელირებულია გამოსხივების სპექტრი. გამოთვლები ჩატარებულია სტრუქტურების სხვადასხვა გეომეტრიისა და შემადგენლობისთვის.

II. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)  
ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, ჟურნა- ლის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის / კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდები ს რაოდენობა
1 2 3	T. Tchelidze, Z.Machavariani, B. Beradze	“Donor impurity in quantum dots charge density distribution in spherical nanoparticle with centered impurity atom”, GESJ: Physics	2017   No.1(17)	თბილისი	7

## II.2. პუბლიკაციები

## ბ) უცხოეთში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

3				
---	--	--	--	--

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	D.Daraselia, D.Japaridze, Z.Jibuti, A.Shengelaya, K.A.Müller	Nonthermal effects in photostimulated solid state reaction of Mn doped SrTiO <sub>3</sub> , Journal of Applied Physics	ტომი 121, ნომერი 14	აშშ, ამერიკის ფიზიკის ინსტიტუტი	6
2	E.Popova, A.Shengelaya, D.Daraselia, D.Japaridze, S.Cherifi-Hertel, L.Bocher, A.Gloter, O.Stéphan, Y.Dumont, N.Keller	Bismuth iron garnet Bi <sub>3</sub> Fe <sub>5</sub> O <sub>12</sub> : A room temperature magnetoelectric material, Applied Physics Letters	ტომი 110, ნომერი 14	აშშ, ამერიკის ფიზიკის ინსტიტუტი	5
3	Z. Guguchia, B. Roessli, R. Khasanov, A. Amato, E.Pomjakushina, K. Conder, Y. J. Uemura, J.M.Tranquada, H. Keller, A. Shengelaya	Complementary Response of Static Spin-Stripe Order and Superconductivity to Nonmagnetic Impurities in Cuprates, Physical Review Letters	ტომი 119, ნომერი 8	აშშ, ამერიკის ფიზიკის საზოგადოება	6
4	Z. Guguchia, F. von Rohr, Z. Shermadini,	Signatures of the topological s+-superconducting	ტომი 8, ნომერი 1	დიდი ბრიტანეთი, საგამომცემლო	8

	A. T. Lee, S. Banerjee, A. R. Wieteska, C. A. Marianetti, B. A. Frandsen, H. Luetkens, Z. Gong, S. C. Cheung, C. Baines, A. Shengelaya, G. Taniashvili, A. N. Pasupathy, E. Morenzoni, S. J. L. Billinge, A. Amato, R. J. Cava, R. Khasanov, Y. J. Uemura	order parameter in the type-II Weyl semimetal Td-MoTe <sub>2</sub> , Nature Communications		ჯგუფი Nature	
5	T. Kereselidze, T. Tchelidze, A. Devdariani,	Interband optical transitions in ellipsoidal shaped nanoparticles PHYSICA B- CONDENSED MATTER	Volume: 511 Pages: 36-41	ELSEVIER SCIENCE	6
6	E. Chikoidze, A. Fellous, A. Perez-Tomas, G. Sauthier, T. Tchelidze, C. Ton-That, T. Thanh Huynh, M. Phillips, S. Russell, M. Jennings, B. Berini, F. Jomard, Y. Dumont	P-type $\beta$ -gallium oxide: A new perspective for power and optoelectronic devices, Materials Today Physics	Volume 3, 2017, Pages 118-126	ELSEVIER SCIENCE	9

### III.1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
	T. Gagnidze, F. La Mattina, M. Rossel, R. Erni, H.-J. Hug, M. Marioni, G. Bednorz, A. Shengelaya, and G.-L. Bona, K.A. Müller	ultrathin fully epitaxial layers of copper-oxide based high-temperature superconductors	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
1	Z. Guguchia, F.V. Rohr, A. Amato, Z. Shermadini, H. Luetkens, A. Shengelaya, P.K. Biswas, E. Morenzoni, Y. Uemura, R.J. Cava R. Khasanov	Probing the topologically non-trivial electronic properties of transition metal dichalcogenide MoTe <sub>2</sub> as a function of hydrostatic pressure	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
2	D. Daraselia, D. Japaridze, Z. Jibuti, T. Tchabukiani, A. Shengelaya, and K. A. Müller	Nonthermal Effects in Rapid Synthesis of Perovskite Oxide Materials by Light Irradiation	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
3	Mamniashvili, M. Nadareishvili, T. Gegechkori, T. Zedginidze, T. Petriashvili, A. Shengelaya, D. Daraselia, D. Japaridze, E. Chikvaidze, T. Gogoladze	Magnetometry, EPR and optical spectrometry study of the photocatalytic activity of the TiO <sub>2</sub> micro- and nanopowders coated by cobalt nanoclusters	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
4	B. Beradze, T. Tchelidze, and Z. S. Machavariani,	Donor impurity in quantum dots	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
5	B. Beradze, T. Kereselidze, Z. Machavariani, and T. Tchelidze	Bixcitons and trions in ZnO elongated nanorods	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
6	T. Kereselidze, T. Tchelidze, A. Devdariani	Ellipsoidal shaped nanoparticles: spectral line profiles	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017

## ბ) უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ალექსანდრე შენგელაია	Rapid Synthesis of Superconducting and Magnetic oxides by Light Irradiation	ივნისი 2017 წ. ისკია, იტალია



მიკრო და ნანოელექტრონიკის მიმართულება

1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2017 წლისათვის დაგეგმილი და შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

#	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	გალიუმის ნიტრიდის მაგნეტ-რონული გაფრქვევით ფორ-მირების ტექნოლოგიის დამუშავება და კვლევა; ფიზიკა; მიკრო და ნანოელექტრონიკა	ა. ბიბილაშვილი	ა. ბიბილაშვილი, ზ. ყუშიტაშვილი, ზ. ჯიბუტი

ნახევარგამტარული ნიტრიდები, კერძოდ GaN და AlN, მრავალი მკვლევარის ინტენსიური შესწავლის საგანს წარმოადგენს, მათი სხვადასხვა ნახევარგამტარულ ხელსაწყოებში მრავალმხრივი გამოყენების პერსპექტივასთან დაკავშირებით. ისინი არიან ფართეზონიანი ნახევარგამტარული მასალები (GaN-3.4 ევ და AlN-6.2 ევ, ოთახის ტემპერატურაზე), რაც მნიშვნელოვანია ლურჯი და ულტრაიისფერი დიაპაზონის ოპტიკური ხელსაწყოების დასამზადებლად. მათი მაღალტემპერატურული სტაბილობა და ქიმიური მდგრადობა საშუალებას იძლევა დამზადდეს მაღალტემპერატურული და მაღალენერგეტიკული (დიდი დენები) ნახევარგამტარული ხელსაწყოები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, მენდელეევის სისტემის III ჯგუფის ნიტრიდების (GaN, InN, AlN) ბაზაზე დამზადებული ნახევარგამტარული ხელსაწყოების მაღალი რადიაციული მდგრადობაც. GaN-ის ფირების ფორმირებისთვის გალიუმის მაგნეტრონული გაფრქვევა ხდება ვაკუუმურ - მოდერნიზირებულ დანადგარ YBH 2M - 2 -ში. მასში თავსდება ქიმიურად გასუფთავებული ქვესაფენები: საფირონი, სილიციმი ან სილიციუმის ორჟანგი, სადაც ტურბო მოლეკულური ტუმბოთი მიიღებოდა ვაკუუმი ~10<sup>-3</sup> მმ.ვც.სვ. წნევაზე, (300-700)0C ტემპერატურა, I = 300 ა დენი

და U = 360 ვ ძაბვა, t = 5÷15 წთ-ის განმავლობაში. ამის შემდეგ ფირისის სისქე შეადგენდა 10÷700 ნმ-ს. ნარჩენი და შეშვებული გაზების პარციალური წნევები იზომებოდა მასპექტრომეტრით SRS RGA200. დადგენილი ოპტიმალური რეჟიმებით ჩატარდა GaN-ის ფირების ლეგირება სხვადასხვა მინარევით (In, Si, Mg, Fe) და მათი პარამეტრების გამოკვლევა. Fe-ის ლეგირებით მიღებულ იქნა გამტარებლობის p-ტიპი. გაიზომა:ა) გამოსვლის მუშაობა; ბ) ნახევარგამტარის ტიპი; გ) კუთრი წინაღობა, ძვრადობა და კონცენტრაცია; დ) ზედაპირის ხაოიანობა და ფირის სისქე; ე) ოპტიკური შთანთქმის,

არეკვლის და გაშვების სპექტრები; ვ) ჩატარდა რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი. შედეგები მოხსენებულ იქნასაერთაშორისო კონფერენციაზე: *Gettering and Defect Engineering In Semiconductor Technology XVIIth International Biannual Meeting, Lopota, Georgia, October 01-06.*

#	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
2	ჰაფნიუმის ოქსიდების აქტიური შრით მემრისტორის მიღება; ფიზიკა; მიკრო და ნანოელექტრონიკა	ა. ბიბილაშვილი	ა. ბიბილაშვილი, ზ. ყუშიტაშვილი,

ინტეგრალური მიკროსქემები (იმს) ფართოდ გამოიყენებიან სხვადასხვა ელექტრონულ მოწყობილობებში, დაწყებული მაჯის საათებიდან, მობილური ტელეფონებიდან, კომპიუტერებიდან დამთავრებული კოსმოსურ ხომალდამდე. მათი სწრაფქმედება საგრძნობლად გაიზრდება, თუ შეიქმნება მემრისტორი – მოწყობილობა, რომელიც იცვლის წინააღმდეგობას გარე ველის პოლარობის მიხედვით. მასში დენის გავლისას ინარჩუნებს მუხტის რაოდენობას დიდი დროის გამნავლობაში და შეუცვლელი იქნება მახსოვრობის მოწყობილობებში. მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ინტენსიურად მიმდინარეობს კვლევები მის შესაქმნელად. ის ახლო მომავალში მთლიანად შეცვლის რეზისტორებს, კონდენსატორებს, ინდუქტიობას, მახსოვრობის და გადაცემის სისტემებს. მათი მუშაობის პრინციპი დამყარებულია გარდამავალ მეტალთა სრული და არასრული ნანოოქსიდების საკონტაქტო საზღვრის რეგულირებასთან. მემრისტოლური ეფექტის შესწავლისთვის ჩვენს მიერ აღებულ იქნა ჰაფნიუმი, როგორც გარდამავალი მეტალი. მიღებულ იქნა ნანოზომის სტრუქტურები გარდამავალ მეტალთა სრული და არასრული ოქსიდების საზღვრის შესწავლად. მიღებულ იქნა სისტემა სიტალი-W-HfO<sub>2</sub>-HfO<sub>2</sub>-W (საერთო სისქე ~70ნმ). ოქსიდები მიღებულ იქნა მაგნეტრონული გაფრქვევის მეთოდით ჟანგბადის სხვადასხვა პარციალურ წნევებზე. მოხდა ცალ-ცალკე მათი რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, შთანთქმის სპექტრების გადაღება და მათ საფუძველზე შექმნილი მდნ-სტრუქტურების ვოლტ-ფარადული მახასიათებლების გაზომვები.

## 1. პუბლიკაციები:

ა) საქართველოში

## გ) სტატიები (პატენტები)

#	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებუ- ლის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ამირან ბიბილაშვილი, ნუგზარ დოლიძე	ნახევარგამტარ- დიელ-ექტრიკის გამყოფ საზ-ღვარზე ენერგეტიკუ-ლი დონის განსაზღვ- რის ხერხი	პატენტი <b>P 6700;</b> 2015-12-23; <b>2017 –</b> <b>08-15. AP</b> <b>201714017A,</b> H 01,H 01 L21/66, G 01 R 31/66	საქართველო	12

## ანოტაცია

## ფორმულა

1. ნახევარგამტარ-დიელექტრიკის გამყოფ საზღვარზე ენერგეტიკული დონის განსაზღვრის ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს გამყოფ საზღვარზე ვოლტ-ფარადული მეთოდით ენერგეტიკული დონის განსაზღვრას, განსხვავდება იმით, რომ ახორციელებენ მეტალ-დიელექტრიკ-ნახევარგამტარ (მდნ) სტრუქტურაზე გამდიდრების ძაბვის მოდებას, გაცივებას, შემდეგ ინვერსიის ძაბვის მოდებას და ინფრაწითელი მონოქრომატული სინათლით დასხივებას, ამასთან, გამყოფ საზღვარზე ენერგეტიკული დონის ჩაწოლის სიღრმე და მათზე ჩაჭერილი მუხტის კონცენტრაცია განისაზღვრება ფოტონის კვანტის შესაბამისი ენერგიით აღზნებული ფოტოდენის ენერგიის გაზომვით.

2. ხერხი მ. 1-ის მიხედვით, განსხვავდება იმით, რომ ოთახის ტემპერატურაზე მდნ-სტრუქტურაზე გამდიდრების ძაბვის მოდების შემდეგ ახორციელებენ მის გაცივებას აზოტის გათხევადების ტემპერატურამდე ( $T=77K$ ).

3. ხერხი მ. 1-ის მიხედვით, განსხვავდება იმით, რომ ინვერსიის ძაბვის მოდების შემდეგ მდნ-სტრუქტურას, ცივ მდგომარეობაში, ასხივებენ მონოქრომატული ინფრაწითელი სინათლით, კვანტებით 0-დან ნახევარგამტარის აკრძალული ზონის შესაბამის ენერგიამდე (ევ) ინტერვალში 0,05 ევ ბიჯით.

#	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებუ- ლის დასახელება	ჟურნალის/ კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
2	ამირან ბიბილაშვილი, ზურაბ ყუშიტაშვილი	მეტალის ზედაპ- ირზე ოქსიდური ფირების მიღების ხერხი	<i>მიღებულია</i> <i>დადებ-ითი</i> <i>გადაწყვეტილ-ება;</i> <b>AP 014313;</b> პრი-	საქართველო	14

			ორიტი:2016-10-31		
<p>ანოტაცია</p> <p>ფორმულა</p> <p>1. მეტალის ზედაპირზე ოქსიდური ფირების მიღების ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს პლაზმურ ანოდირებას, განსხვავდება იმით, რომ ანოდირების პროცესს ახორციელებენ ჟანგბადისა და არგონის ნარევის გარემოში, ამასთან, ზედაპირს ასხივებენ ულტრაიისფერი სინათლით.</p> <p>2. ხერხი მ. 1-ის მიხედვით, განსხვავდება იმით, რომ პლაზმურ ანოდირებას ახორციელებენ შემდეგ პირობებში:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) პლაზმის დენი – 10 მა/სმ<sup>2</sup>±20%;</li> <li>2) ჟანგბადის და არგონის თანაფარდობა – 3:1±10%;</li> <li>3) მუშა წნევა – 10 პა/სმ<sup>2</sup>±20%;</li> <li>4) ქვესაფენის ტემპერატურა – (30÷130)°C±5%;</li> <li>5) ფორმირების დენი – (0,5÷1,5)მა/სმ<sup>2</sup>±20%;</li> <li>6) უი ნათურის სიმძლავრე – 200 ვტ.</li> </ul>					

ბ) უცხოეთში

დ) სტატიები

#	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Zurab Kushitashvili, Amiran Bibilashvili, Necmi Biyikl	<a href="#">Properties of Hafnium Oxide Received by Ultra Violet Stimulated Plasma Anodization; IEEE Transactions on Device and Materials Reliability.</a>	2017, v.17, Issue:4	აშშ	pp.667-671 რეიტგ.1,575.
<p>ანოტაცია</p> <p>უკანასკნელ ხანს მკვეთრად გაიზარდა მკვლევართა ინტერესი გარდამავალ მეტალთა ოქსიდების მიმართ, მათი დიდი დიელექტრიკული მუდმივის, ელემენტად მახსოვრობის ნაკეთობებში, ტრანზისტორებში ჩამკეტქვემა დიელექტრიკებად გამოყენების პერსპექტიულობის, კონდენსატორებში გამოყენებისა და სხვა რიგი უპირატესი თვისებების გამო. სერიული წარმოების ტექნოლოგიაში დიელექტრიკების მიღების ტემპერატურა მაღალტემპერატურულია (1100° C). ამ დროს ხდება არასასურველი მინარევების დიფუზია, ფორიანობის გაზრდა, საფენთან ადგეზიის გაუარესება და ა.შ. ყოველივე ეს ცუდად მოქმედებს მიკრო- და ნანო- ხელსაწყოს პარამეტრებზე. ამიტომ ტექნოლოგიის პროცესის ტემპერატურის შემცირება ერთ-ერთი გადამწყვეტი პრობლემაა</p>					

ხელსაწყოთა წარმოებაში. დაბალტემპერატურული პროცესები ხასიათიან მცირე ფორმირების სიჩქარით, პროცესის დაბალი ეფექტურობით და ამასთანვე ტექნოლოგიის ხელსაწყო-დანადგარები ძვირად ღირებულია. მაგალითად, თერმული SiO<sub>2</sub> წარმოებისთვის სჭირია 1150 ° C ტემპარატურ 40 წუთის განმავლობაში, რომ მივიღოთ 100 ნმ სისქის ფირი. ასეთივე სისქისა და პარამეტრების სილიციუმის დიოქსიდის მიღებისთვის მოდერნიზირებული პლაზმური ანოდირებით, რომელიც ჩვენ შევქმენით, საჭიროებს 5÷10 წუთს 400° C ტემპერატურაზე. პლაზმური ანოდირების პროცესში მოვახდინეთ პლაზმის დამატებით აღზნება ულტრაიისფერი (უი) სინათლით, რითაც პროცესის სიჩქარე გაიზარდა ~30-ჯერ და პროცესის ეფექტურობა ~90-ჯერ. ნაპოვნია ოქსიდის სისქეები, დიელექტრიკული მუდმივას სიდიდე, მუხტი ოქსიდში და ნახევარგამტართან საზღვარზე, სწორი ზონისა და ინვერსიის ძაბვები, გაჟონვის დენები, ჩატარებულია რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, გაზომილია ზედაპირის ხაოიანობა. ამ პროცესით სილიციუმის საფენზე მიღებული HfO<sub>2</sub> ოქსიდი გამოვიყენეთ ველის ტრანზისტორში ჩამკეტქვეშა დიელექტრიკად, რამაც მოგვცა დამაჯერებლად კარგი ეფექტი და მოვიაზრებთ მის გამოფენებას სხვა ნაწი ხელსაწყოს შესაქმნელად.

III. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

ა) საქართველოში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	A.Bibilashvili, N.Dolidze, Z.Jibuti, Z.Kushitashvili, R.Melkadze, T.Khelashvili, G.Skhiladze,R.Guliaev	low Temperature Technology of GaN	Gettering and Defect Engine- ering In Semiconductor Techno-logy XVII <sup>th</sup> International Biannuai Meeting Lopota, Georgia, October 01-06.

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია ვაკუუმში აზოტის გარემოში გალიუმის მაგნეტრონული გაფრქვევის დაბალტემპერატურული მეთოდით გალიუმის ნიტრიდის (GaN) მიღების ტექნოლოგია და კვლევა. მიღების პროცესში გამოყენებულია ულტრაიისფერი ნათურა (უი), რომელიც უშუალოდ ასხივებს GaN-ის ზედაპირს და აუმჯობესებს მის თვისებებს. ჩვენს მიერ მოდერნიზირებული მაგნეტრონული გაფრქვევის დანადგარი საშუალებას იძლევა ნიტრიდის მიღების პროცესში მოხდეს მისი ლეგირება ელემენტებით: Mg, Si, B, Fe. გალიუმის ნიტრიდი ლეგიორებული Fe-ით და შემდეგ დასხივებული ჰალოგენირი და უი ნათურების კომბინაციით, შესაბამისი დროით და ინტენსიობით, იძლევა p-ტიპს კარგი ოპტიკური და ფიზიკური პარამეტრებით. გაღებულია ოპტიკური შთანთქმის და გაშვების სპექტრები, ცატარებულია რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, ნაპოვნია კონცენტრაციები და ძვრადობები (ვან-დერ-ჰაუს მეთოდი), განსაზღვრულია გამოსვლის მუშაობები.

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი; ფიზიკის დეპარტამენტი, ატომისა და ატომბირთვის ფიზიკის კათედრა

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი; პროფესორი თამაზ კერესელიძე

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ასოცირებული პროფესორი ზაალ მაჭავარიანი, ასისიტენტ პროფესორი მალხაზ გოჩიტაშვილი

IV.1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

**IV. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

IV. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
---	--	----------------------------	-----------------------	------------------------

	ბის მითითებით			
1	2	3	4	5
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

## XI. 4.

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

- XII. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

## ა) საქართველოში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				

## სტატიები

№	ავტორი/	სტატიის სათა-	ჟურნალის/	გამოცემის	გვერდების
---	---------	---------------	-----------	-----------	-----------

	ავტორები	ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	კრებულის ნომერი	ადგილი, გამომცემლობა	რაოდენობა
1 2 3	T. Tchelidze, Z.Machavariani, B. Beradze	“Donor impurity in quantum dots charge density distribution in spherical nanoparticle with centered impurity atom”, GESJ: Physics	2017   No.1(17)	Publishing House “Technical University” Electric Media Department	7

## II. 2. პუბლიკაციები:

## ბ) უცხოეთში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
	T. Kereselidze, T. Tchelidze, A. Devdariani	Interband optical transitions in ellipsoidal shaped nanoparticles	Physica B 511, 36 (2017)	ELSEVIER	6
	T. Kereselidze, T. Tchelidze, A. Devdariani	Discontinuity of dipole-momentum matrix elements in ellipsoidal shaped	Opto-Electronics Review	Submitted	12



		nanoparticles and profiles of spectral lines			
	T. Kereselidze, J. Ogilvie	The hydrogen atom problem and Coulomb Sturmian functions in spheroidal coordinates	Advances in Quantum Chemistry	Submitted	26
	R. Lomsadze M. Gochitashvili R. Kezerashvili	Study of inelastic processes in Li <sup>+</sup> -Ar, K <sup>+</sup> -Ar, and Na <sup>+</sup> -He collisions in the energy range 0.5–10 keV	Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, Volume 50, Number 21	Published 23 October 2017 • © 2017 IOP Publishing Ltd	13
	Michael Schulz R. A. Lomsadze, M. R. Gochitashvili, and R. Ya. Kezerashvili	Precision measurements of cross-sections for inelastic processes in collisions of alkali metal ions with atoms of rare gases	International Journal of Modern Physics B Condensed Matter Physics; Statistical Physics; Atomic, Molecular and Optical Physics Volume 31, Issue 02, 20 January 2017	©© 2017 IOP Publishing With World Scientific Publishing Co Pte Ltd • Privacy Policy Copyright	9

XIII. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა (სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	B. Beradze, T. Tchelidze, and Z. S. Machavariani,	Donor impurity in quantum dots	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
2	B. Beradze, T. Kereselidze, Z. Machavariani, and T. Tchelidze	Bixcitons and trions in ZnO elongated nanorods	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017

3	T. Kereselidze, T. Tchelidze, A.Devdariani	Ellipsoidal shaped nanoparticles: spectral line profiles	Gadest 2017, Lopota, Georgia, 1-6 October, 2017
	მალხაზ გოჩიტაშვილი	“ Li + - Ar , Na + - He და K + - Ar დაჯახებებში გადამუხტვის , იონიზაციის და აღზნების პროცესების გამოკვლევა “	conference.ens-2017.tsu.ge მეხუთე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ფდა, თსუ- II კორპ. 9 თებერვალი 2017

## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
2			
3			

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: **ფიზიკის დეპარტამენტი, პლაზმის ფიზიკის კათედრა**

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: **პროფესორი ნოდარ ცინცაძე**

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა: **დოქტორანტი**

**გრიგოლ ფერაძე**

V. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

**V. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

V. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
---	--	----------------------------	-----------------------	------------------------

1	2	3	4	5
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

## XIV. 4.

2	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ განხილულია ჯინსის არამდგრადობა ისეთი ასტროფიზიკური ობიექტებისათვის, რომლებიც იმყოფებიან გადაგვარებულ მდგომარეობაში. ეს მოვლენა შეისწავლება პირველადი კვანტური დიფრაქციის გათვალისწინებით. დაბალი ტემპერატურისა და დიდი სიმკვრივის პლაზმის ნაწილაკები - ელექტრონები, იონები და პოზიტრონები ემორჩილებიან ფერმის კვანტურ სტატისტიკას, ხოლო მტვრიანი ნაწილაკები, მათი სიმკვრივის გამო რჩებიან კლასიკურ ნაწილაკებათ.</li> <li>○ მტვრიან პლაზმისათვის პირველადია ჩვენს მიერ შექმნილია კვანტური თეორია, რომელიც აღწერს ჯინსის არამდგრადობას საკუთარ გრავიტაციულ ველში. მაჩვენებია, რომ ამ დროს ადგილი აქვს ლანდაუს არაწრფივ ჩაქრობას. განხილულია აგრეთვე პლაზმის გაცხელება.</li> <li>○ განხილულია დაკვანტულ მაგნიტურ ველში ჩაჭერილი <math>e^+e^-i</math> პლაზმაში არაწრფივი სიმკვრივის აღზნებები. ნაჩვენებია, რომ ამ დროს ხდება სოლიტონური სტრუქტურების წარმოქმნა. ელექტრონები და პოზიტრონები არიან კვანტური ნაწილაკები, ხოლო იონები კლასიკური ნაწილაკები.</li> <li>○ განხილულია მაგნიტურ ველში დაკვანტური ელექტრონების გავლენა წრფივი და არაწრფივი იონური ბერის ტალღებზე, რომელიც ვრცელდება ულტრარელატივისტური სიმკვრივის მქონე მაგნიტურ-კვანტურ პლაზმაში. ძლიერი არაწრფივი სტრუქტურების შესწავლის დროს, საგდევის ფსევდო პოტენციალის მიახლოებაში, შესწავლილია არაწრფივი იონური ბერის ტალღების მოქცევა ძლიერ მაგნიტურ ველში. აგებულია წრფივი და არაწრფივი იონური ბერის ტალღების მაგნიტური დაკვანტვის დროს შესაბამისი გრაფიკები</li> <li>○ ძლიერ მაგნიტურ ველის პირობებში კვანტურ პლაზმაში თერმოდინამიკის სიდიდეებისათვის შესწავლილია ორი შემთხვევა. პირველი შემთხვევა ეხება არაგადაგვარებულ კვანტურ პლაზმას, სადაც შესწავლილია ლანდაუს ველის განაწილების ფუნქციით ყველა თერმოდინამიკური სიდიდეები. შემდეგ გამოყენებულია ველის განაწილების ფუნქცია გადაგვარებული პლაზმის შესწავლის დროს. გამოთვლილია პერპენდიკულარული და პარალელური წნევები მაგნიტური ველის მიმართ. პირველად ნაჩვენებია ახალი ტალღის - მაგნიტური</li> </ul>			

სიმების არსებობა.

- XV. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Ch.Rozina, N.L.Tsintsadze, A.Khadija - “	Jeans Instability in Degenerata e <sup>-</sup> +e <sup>+</sup> -i and Classical Dusty Plasma”, Physics of Plasmas,	vol.24, 083704, (2017).	AMER INST PHYSICS, 1305 WALT WHITMAN RD, STE 300, MELVILLE, NY 11747-4501 USA	
2	Ch.Rozina, N.L.Tsintsadze, M.Madina, I.Zeba	Kinetic Jeans instability and Nonlinear Damping of Electromagnetic Waves in Selfgravitations Dusty Plasma Physics of Plasmas	vol.24, 053705, (2017)	AMER INST PHYSICS, 1305 WALT WHITMAN RD, STE 300, MELVILLE, NY 11747-4501 USA	
3	M.J.Igbal, W.Masood, H.A.Shah, N.L.Tsintsadze	Nonlinear Density Excitations in e <sup>-</sup> +e <sup>+</sup> -i plasmas with Trapping in a Quantizing Magnetic Field, Physics of Plasmas,	vol.24, 014503, (2017)	AMER INST PHYSICS, 1305 WALT WHITMAN RD, STE 300, MELVILLE, NY 11747-4501 USA	
4	A.Javed, A.Rasheed, M.Jamil, M.Siddique, N.L.Tsintsadze	Effect of Magnetic Quantization on Ion Accoustic Waves Ultrareletivistic Dense Plasma, Physics of	vol.24, 112301, (2017).	AMER INST PHYSICS, 1305 WALT WHITMAN RD, STE 300,	

		Plasmas,		MELVILLE, NY 11747-4501 USA	
5	L.Tsintsadze, G.Peradze, N.Tsintsadze	“Landau-Kelly Representation of Statistical Thermodinamics of Quantum Plasma and Magnetic String Waves”, <i>Billetin Georgian Academy Press,</i>	, vol.11, N3, 49, (2017)	Georgian National Academy od Science, Tbilisi	

XVI. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო  
ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის  
ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

1. სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება:

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი  
ფიზიკის დეპარტამენტი, მიმართულება - რადიოფიზიკა, ფიზიკური პროცესების მოდელირება

2. სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი:

ოლეგ ხარშილაძე

3. სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა:

I. 2. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის დაფინანსებით 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

N	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
1	ელექტრომაგნიტური ტალღური სტრუქტურების არაწრფივი დინამიკის რიცხვითი მოდელირება.	ოლეგ ხარშილაძე	
2	სიგნალების სტატისტიკური ანალიზის არაწრფივი მეთოდების დამუშავება		
3	ფრიქციული ავტორხევითი პროცესების რიცხვითი მოდელირება.		
4	ოპტიკური სოლიტონების გავრცელების რიცხვითი მოდელირება.		
გარდამავალი კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების ვრცელი ანოტაცია			
<p>ბუნებრივი პროცესებზე დაკვირვება და მოვლენების პროგნოზი ბოლო პერიოდში აქტუალურ ამოცანად იქცა. დაგროვილია ბევრი ექსპერიმენტალური მონაცემი, რაც ითხოვს რთული სიგნალების სტატისტიკური ანალიზის არაწრფივი მეთოდების დამუშავებას. ასეთი მეთოდებით ფიზიკური პროცესების ანალიზის ეფექტური მეთოდების შექმნა თანამედროვე რადიოფიზიკის კვლევების ამოცანას წარმოადგენს. სიგნალების ანალიზის თანამედროვე არაწრფივი მეთოდები მნიშვნელოვანია კოსმოსურ გარემოზე, დედამიწის იონოსფეროსა და მაგნიტოსფეროში მზის აქტივობის შედეგებზე თანამგზავრული დაკვირვებების შესწავლისთვის. მზის ეს აქტივობა გავლენას ახდენს „კოსმოსურ ამინდზე“. ჩვენ გავაგრძელებთ წინა წელს დაწყებული კვლევები დედამიწის გეოკოსმოსური გარემოს პარამეტრების შეფასებისთვის თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენების</p>			



ფარგლებში. მოვახდინეთ გეოკოსმოსურ გარემოზე (იონოსფერო, მაგნიტოსფერო) თანამგზავრული დაკვირვებების მონაცემთა ანალიზი არაწრფივი მეთოდებით და მათი თეორიული ინტერპრეტაცია. გარდა ამისა გავაგრძელებთ თეორიული კვლევები და რიცხვითი მოდელირება კოსმოსური პლაზმური გარემოს მოდელებში.

დედამიწის ახლომდებარე კოსმოსური გარემო (იონოსფერო, მაგნიტოსფერო) ხასიათდება რთული არასტაციონალური დინამიკით და ასეთი პროცესების ანალიზისათვის, განსაკუთრებით გარედან არასტაციონალური (დარტყმითი) ზემოქმედების პირობებში მნიშვნელოვანია დინამიკის დეტერმინირებული და სტოქასტური ნაწილების შეფასება, როგორც დიდმასშტაბიანი ტალღური სტრუქტურების, ასევე ფრაქტალური ბუნების სტრუქტურების გენერაციის შესაძლებლობის გამოკვლევა. არაწრფივი დინამიკის მეთოდებით შესწავლილია THEMIS სატელიტური მისიის მიერ დამზერილი მაგნიტოსფერული დინებების სიჩქარის და მაგნიტურ ველის შემფოთებების მდგენელების სხვადასხვა პერიოდის დროითი მწკრივები. ამ მონაცემების ციფრული დამუშავებისათვის გამოყენებულია რეკურენტული დიაგრამების მეთოდი, რომელიც ეფექტურად მუშაობს მოკლე მონაცემთა მწკრივებისთვის. რეკურენტულობა არის დისიპაციური დინამიური სისტემების ფუნდამენტური თვისება, რაც გამოყენებულია მაგნიტოსფეროს კუდში რელაქსაციური პროცესების ანალიზისთვის. შედგენილია პროგრამა მატლაბში სიგნალების რეკურენტული რაოდენობრივი მახასიათებლების გამოკვლევისთვის პლაზმური შემფოთებების არაწრფივი ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციის მიზნით. რეკურენტული დიაგრამების მეთოდის საშუალებით გამოვლენილია ექსპერიმენტებში გაზომილი სიგნალების ქაოსური და ლამინარული მდგენელების ბუნება და დინამიური ქაოსის პარამეტრები. ერთმანეთთან შედარებულია რიცხვითი მოდელირებით და თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებით მიღებული შედეგები. ისინი კარგ თანხვედრაში არიან ერთმანეთთან.

მიღებული ექსპერიმენტალური მონაცემების დამუშავების და მათი ფიზიკური და თეორიული ინტერპრეტაციის მიზნით შედგენილია პლაზმური შემფოთებების არაწრფივი დინამიკის აღმწერი ფიზიკური მოდელები. ამ მოდელებში გათვალისწინებულია შემფოთებების გეოკოსმოსურ სივრცულად არაერთგვაროვან დინებებთან ურთიერთქმედების არაწრფივი მექანიზმები. ნაჩვენებია, რომ ამ დინებებიდან ენერგეტიკულად ყველაზე მნიშვნელოვანია ზონალური ტიპის დინებები.

თანამგზავრული დაკვირვებების ინტერპრეტაციისთვის გამოკვლეულია იონოსფერულ გარემოში გამავალი რადიოტალღების ამპლიტუდისა და ფაზის ფლუქტუაციები (სტინტილაციები), რაც გამოწვეულია ელექტრონული სიმკრივის სივრცული არაერთგვაროვნებებით. ეს არაერთგვაროვნებები შეფასებულია თანამგზავრებიდან პირდაპირი დაკვირვებებით. პლაზმური არაერთგვაროვნებები ხასიათდებიან განსხვავებული ზომებით და წაგრძელებული არიან მაგნიტური ველის გასწვრივ. ტურბულენტურ ატმოსფეროში ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელება განხილულია სუსტი გაბნევის შემთხვევაში. გამოვითვალეთ გაბნეული ველის სტატისტიკური მომენტები პირელ და მეორე მიახლოებაში. ჩატარდა რიცხვითი გამოთვლები ანიზოტროპული გაუსის სპექტრალური ფუნქციისთვის, რომელშიც გათვალისწინებული იყო ექსპერიმენტალური დაკვირვებების მონაცემები.

შესრულდა კვლევები მიწისძვრებში ფრიქციული ავტორხვევების დინამიკის წინა კვლევებთან შედარებით გართულებული მოდელების შექმნისათვის. რიცხვითი

<p>მეთოდების გამოყენებით შესწავლილია მრავალბლოკიანი სისტემების არაწრფივი დინამიკა მშრალი ხახუნის სხვადასხვა ანალიზური მოდელის საშუალებით და ნაჩვენებია როგორც „სტიკ-სლიპ“ მოძრაობის, ასევე დეტერმინირებული ქაოსის შესაძლებლობა შტრიბეკ-ეფექტის გათვალისწინებით.</p> <p>ჩატარდა კვლევები ოპტიკურ ტალღამეტარებში სინათლის გავრცელების თეორიული და რიცხვითი მოდელირების მიმართულებით. კავშირგამბულობაში გამოყენების კუთხით აქტუალურია ოპტიკური სოლიტონების გავრცელების მოდელირება არაწრფივ და არაერთგვაროვან ოპტიკურ ბოჭკოებში. ასეთ გარემოში სინათლის იმპულსების გავრცელების ანალიზისთვის მიღებულია შრედინგერის არაწრფივი განტოლება არაერთგვაროვანი პარამეტრებით. დამუშავდა ამ განტოლების რიცხვითი ამოხსნის სპექტრალური მეთოდი. შედგენილია კოდი მატლაბში ფიზიკური პარამეტრების (დისპერსია და არაწრფივობა) მიხედვით გახლეჩის მეთოდით. მიღებული შედეგები აღწერენ სოლიტონებზე არაერთგვაროვნებების ზემოქმედებას და ნაჩვენებია ოპტიკური სოლიტონების არადრეკადი დაჯახების ეფექტი.</p>
---

**I. 3.სახელმწიფო გრანტით (რუსთაველის ფონდი)დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო, ისე სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებს)**

N	პროექტის დასახელება	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1				
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების ვრცელი ანოტაცია				

**II. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)**

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

1				
---	--	--	--	--

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	ჩარგაზია ხ., ო.ხარშილაძე, ნ.ვარამაშვილი, დ.ამილახვარი, ლ.დვალი	ფრიქციული ავტორხევეების დინამიკური ანალიზი, // საქართველოს გეოფიზიკური ასოციაციის ჟურნალი	20	საქართველოს გეოფიზიკოსთა ასოციაცია, თბილისი, საქართველო	9

## II. 2. პუბლიკაციები:

## ბ) უცხოეთში

## მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Kharshiladze O. A and	Numerical Model for Zonal Flow		მოსკოვი, რუსეთი	9

	Chargazia Kh	Generation by Magnetized Rossby Waves in the Ionosphere with the Background Shear Flow // <i>Geomagnetism and Aeronomy</i>	Vol. 57, No. 2, pp. 207–216. DOI:10.1134/S0016793217020037, 2017		
2	Kharshiladze, O., Chanishvili, R. and Chagelishvili, G.	Linear generation of planetary scale fast magnetic waves in ionospheric zonal shear flows // <i>J. Astrophysics and Aerospace Technology</i>	V. 5. N. 3 P. 21, 2017.	სან-ანტონიო, აშშ	1
3	Kharshiladze, O., Chargazia, K. Zimbaro, G. and Rogava, J.	Data analysis and simulation of plasma flow vortices in the magnetotail // <i>J. Astrophysics and Aerospace Technology</i>	V. 5. N. 3 P. 22. DOI: <a href="https://doi.org/10.4172/2329-6542-C1-012">10.4172/2329-6542-C1-012</a> , 2017	სან-ანტონიო, აშშ	1
4	Jandieri G, Ishimaru A, Rawat B. Kharshiladze O, Diasamidze Z.	Power Spectra of Ionospheric Scintillations// <i>Advanced Electromagnetics</i>	Vol. 6, NO. 4, 2017	აშშ	10
5	Jandieri G, Ishimaru A, Kharshiladze O.	New Features of the “Double-Humped Effect” in the Magnetized Plasma// <i>Progress In Electromagnetics Research M</i> ,	Vol. 62, 1–9, 2017	აშშ	9

XVII. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა (სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ჩარგაზია ხ., ხარშილაძე ო.	ფრიქციული ავტორხეების დინამიკური ანალიზი	საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის VIII ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია,

			27.09 – 29.09.2017, თბილისი, საქართველო
2	ო. ხარშილაძე, ხ. ჩარგაზია	დიდმასშტაბიანი ულტრა დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური სტრუქტურები წანაცვლებით დინებიან იონოსფეროში	საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის VIII საერთაშორისო კონფერენცია, 4 – 8 სექტემბერი. ოზბატუმი საქართველო

## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ხარშილაძე ო., ჩარგაზია ხ.	გრიგალური სტრუქტურების რიცხვითი ანალიზი და ექსპერიმენტული მონაცემების კვლევა მაგნიტოსფერულ პლაზმაში	საერთაშორისო სიმპოზიუმი „არაწრფივი ტალღური სტრუქტურები რთულ უწყვეტ გარემოებში ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და კოსმოსის ჩათვლით. 14-15, აპრილი, ყაზანი, რუსეთი 2017.
2	ჩარგაზია ხ., ხარშილაძე ო.	გრიგალური სტრუქტურების რიცხვითი ანალიზი მაგნიტოსფეროს კუდის პლაზმურ დინებებში	მეორე საერთაშორისო კონფერენცია ასტროფიზიკასა და ნაწილაკთა ფიზიკაში (APSS 2016); 13-15 ნოემბერი, სან-ანტონიო, აშშ
3	ჩარგაზია ხ., ხარშილაძე ო., გ. ზიმბარდო, ჯ. როგავა	გრიგალური სტრუქტურების რიცხვითი სიმულაცია და ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზი მაგნიტოსფეროს კუდის პლაზმურ დინებებში	EESWW14 – 14-ე ევროპული კოსმოსური ამინდის კვირა, 27 ნოემბერი - 1 დეკემბერი, ოსტენდე, ბელგია

დამატებითი ინფორმაცია

საერთაშორისო პროექტებში მონაწილეობა

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი; ატომური ფიზიკის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორია.

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი; რამაზ ლომსაძე

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა. დავით ქუფარაშვილი, ნინო ცისკარიშვილი.

VI.1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

## VI. 2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით <b>.ფუნდამენტური კვლევები“, ფიზიკა, ატომური ფიზიკა.</b>	პროექტის ხელმძღვანელი <b>რამაზ ლომსაძე</b>	პროექტის შემსრულებლები <b>მალხაზ გოჩიტაშვილი, ნუგზარ მოსულიშვილი, რომან კეზერაშვილი, დავით ქუფარაშვილი, ნინო ცისკარიშვილი. გიორგი თაყაძე (სტ-ნტი)</b>
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
მიმდინარე წელს გრელდება სისტემატური გაზომვები ატომურ ნაწილაკთა დაჯახების დროს მიმდინარე არადრეკადი პროცესების (გადამუხტვა, იონიზაცია, ადგზნება, დისსოციაცია იონიზაციით) შესასწავლად. კვლევები შეეხება ჩაკეტილი გარსის მქონე ნაწილაკების (ტუტემეტალთა იონები - ინერტული აირის ატომები) და ელექტრონების დაყუმბარებით ინერტული აირის ატომებთან, ზოგიერთ ატმოსფერულ			

მოლეკულებთან და რთულ ბიოლოგიურ მოლეკულებთან ურთიერთქმედებას. ექსპერიმენტული კვლევები ტარდება დამჯახებელი ნაწილაკების ფართო ენერჯის ინტერვალში (20 ევ -14 კევ). საბოლოო მიზანს წარმოადგენს აღნიშნული პროცესების აბსოლუტური, სრული და დიფერენციალური კვთების ენერჯიაზე დამოკიდებულების ყოფაქცევის განსაზღვრა და საკვლევ წყვილებზე პროცესის წარმართვის მექანიზმის დადგენა. აღნიშნულ წყვილებზე საიმედო მონაცემების მიღება საჭიროებს კვლევის კომპლექსურ მიდგომას და ზოგიერთ მეთოდური ცვილიების განხორციელებას. ასე მაგალითად, საკვლევ  $\text{Li}^+ -\text{Ar}$ ,  $\text{K}^+ -\text{He}$ ,  $\text{K}^+ -\text{Ar}$  და  $\text{Na}^+ -\text{He}$  წყვილებზე გაზომვების ჩასატარებლად გამოყენებულია ჩვენს მიერ გაუმჯობესებული განივი ელექტრული ველის მეთოდი; აღზნების პროცესების შესასწავლად გამოყენებულია ოპტიკური სპექტროსკოპიის მეთოდი, ხოლო ურთიერთქმედების შედეგად გამოთავისუფლებული ელექტრონების ენერჯიები და ასევე დამჯახებელი იონების ენერჯეტიკული დანაკარგების სპექტრები შეისწავლება დაჯახებათა სპექტროსკოპიის მეთოდით. კერძოდ, ენერჯეტიკული დანაკარგები იზომება ჩვენს მიერ სპეციალურად კონსტრუირებული და შექმნილი ელექტროსტატიკური ანალიზატორის მეშვეობით. გაზომვები ტარდება გაზნების კუთხეების  $0-25^\circ$  გრადუსის ინტერვალში და  $0-100$  ევ დანაკარგების ენერჯის ინტერვალში. აღსანიშნავია, რომ ანალიზატორის გარჩევისუნარიანობა შეადგენს  $(\Delta E/E)$  700. გაზომვები ელექტრონების მონაწილეობით ტარდება ჩვენს მიერ სრულად რერაბილიტირებულ (დაჯახების ამოცანას მისადაგებელით) ქრომატო-მასსპექტრომეტრული ტიპის დანადგარზე. აქ საკვლე წყვილებს წარმოადგენს :  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}^{60}$ .

მძიმე ნაწილაკებისათვის, როგორცაა :  $\text{Li}^+ -\text{Ar}$ ,  $\text{K}^+ -\text{He}$ ,  $\text{K}^+ -\text{Ar}$  და  $\text{Na}^+ -\text{He}$  გაზომილია: გადამუხტვის, იონიზაციის, ელექტრონის წაგლეჯვის და აღზნების ( როგორც დამჯახებელი ასევე სამიზნის) აბსოლუტური კვთის ენერჯიაზე დამოკიდებულება. მიღებული მონაცემებისა და ჩვენს მიერ აგებული კორელაციური დიაგრამების (ზოგიერთ საკვლევ წყვილებზე) მეშვეობით ახსნილია არადრეკადი პროცესების რეალიზაციის მექანიზმები. ნაჩვენებია, რომ აღნიშნულ დამჯახებელი წყვილებისათვის ელექტრონების ჩაჭერა ( გადამუხტვა) რეალიზდება დამჯახებელი იონის მიერ ელექტრონის ძირითად მდგომარეობაში ჩაჭერით.

ყველა დამჯახებელი წყვილებისათვის შეფასებულია იონიზაციის გამომწვევი, ცალკეული არადრეკადი პროცესების წვლილი სრულ კვთაში. გამორჩევით სხვა წყვილებისა,  $\text{K}^+ -\text{He}$ , დამჯახებელი წყვილისთვის ნაჩვენებია, რომ იონიზაცია რეალიზდება კვაზიმოლეკულური ავტოიონიზაციური დონეების დასხლებით და შემდგომი დაშლით. ამავე წყვილისთვის დადგენილია ელექტრონის წაგლეჯვის მექანიზმი, რაც დაკავშირებული იონის შემდგომ იონიზაციასთან, და რეალიზდება შემავალი თერმის უწყვეტ სპექტრში გასვლით. რაც შეეხება წყვილების აღზნების კვლევებს აქ მნიშვნელოვნად რეალიზდება სამიზნე ატომის ორელექტრონიანი აღზნება. ხოლო  $\text{K}^+ -\text{Ar}$  წყვილის შემთხვევასი დამატებით გამოვლენილია კასკადური გადასვლების ეფექტურობა. გარდა ამისა, აღნიშნული დამჯახებელი წყვილთა კვლევამ აჩვენა, რომ როდესაც დამჯახებელ წყვილად აღებულია თანაბარი მასის მქონე ნაწილაკები ( $\text{K}^+ -\text{Ar}$ ),

პროცესები რეალიზდებიან ეფექტურად, მაშინ როდესაც ასიმეტრიული დამჯახებელი წყვილების შემთხვევაში ( $K^+ - He$ ,  $Na^+ - He$ ) უმრავლესი არადრეკადი პროცესების კვეთის სიდიდეები ერთი რიგით ნაკლებია.

რაც შეეხება კვლევებს ელექტრონების მონაწილეობით იგი ხორციელდებოდა ელექტრონების ენერჯის 20- 120 ევ ენერჯის ინტერვალისთვის. მიღებულია იონიზაციის კვეთის ( ერთი და ორმუხტიანი იონების) ენერჯიაზე დამოკიდებულება. ჩვენს მიერ მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები შედარებულია ზოგიერთ თეორიულ ( სადაც ამის საშუალება არსებობს) შედეგებთან. მიღებული რეზულტატის ( ექსპერიმენტული და თეორიული ცდომილებების გათვალისწინებით) დამაკმაყოფილებელია, რაც ჩვენს მიერ ჩატარებული მეთოდური ცვლილების სისწორეზე მეტყველებს.

კვლევებში ჩართულია ბაკალავრიატის სწავლების სტუდენტი. მიღებული შედეგები ასახულია მაღალი იმფაქტფაქტორის მქონე 2 ჟურნალში.

- VI. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4	5
დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

XVIII. 4.

	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
2				
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

- XIX. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან



შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					

II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

1				
---	--	--	--	--

## სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	რ.ლომსაძე	„არადრეკადი	International Journal of	მსოფლიო	9
2	მ.გოჩიტაშვილი	პროცესების კვების	Modern Physics B Vol.	სამეცნიერო	
3	რ.კეზერაშვილი	ზუსტი გაზომვები ტუტემეტალის იონების ინერტული აირის ატომებთან დაჯახებისას“.	31, No. 2, 1650257 (2017).	საგამომცემლო კომპანია (WSPC)	
	რ.ლომსაძე მ.გოჩიტაშვილი რ.კეზერაშვილი მ.შულცი	გადამუხტვა, იონიზაცია და აღზნება დაბალი ენერგიის $Li^+$ - Ar, $K^+$ - Ar, და $Na^+$ - He დაჯახებებში	Journal of Physics B: At. Mol. Opt. Phys. 50, 215002, (2017).	ფიზიკის ინსტიტუტი, ბრისტოლი, გაერთიანებული საემიროები	12

XX. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა (სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

## ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	მალხაზ გოჩიტაშვილი, რამაზ ლომსაძე, დავით ქუფარაშვილი, გიორგი თაყაძე	იონიზაციის პროცესის გამოკვლევა ელექტრონების $CH_4$ და $H_2O$ მოლეკულებთან დაჯახებისას	2017 წლის 7-10 თებერვალი, თსუ, მე-2 კორპუსი, მე-5 ყოველწლიური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში.
2	რამაზ ლომსაძე, მალხაზ გოჩიტაშვილი, ნუგზარ მოსულიშვილი, რომან კეზერაშვილი, მიხეილ შულცი	არადრეკადი პროცესების გამოკვლევა $Li^+$ -Ar, $Na^+$ -He და $K^+$ -Ar დაჯახებებში	2017 წლის 7-10 თებერვალი, თსუ, მე-2 კორპუსი, მე-5 ყოველწლიური კონფერენცია ზუსტ და

			საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში.
--	--	--	----------------------------------

## ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1 2 3	რ.ლომსაძე	პირდაპირი და შებრუნებული პროცესების კვლევა ჩაკატილგარსიანი ელექტრონული შრეების მქონე ნაწილაკთა დაჯახებებში.	2017 წლის 15 მარტი, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიის მისურის უნივერსიტეტი, როლა (აშშ), ყოველწლიური საუნივერსიტეტო სიმპოზიუმი.

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: **ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სასწავლო სამეცნიერო ლაბორატორია**

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: **იური თევზაძე**

\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა.

**VII. 1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის**

**გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

**VII. 2.**

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	მრავალნაწილაკოვანი კორელაციების შესწავლა ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში. საბუნებისმეტყველო მეცნიერება, ფიზიკა (6-200 ატომბირთვისათვის და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა)	ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტორი, პროფესორი ი.თევზაძე	ლ.აბესალაშვილი, ლ.ახობაძე, ლ.ჩხაიძე, ლ.ხარხელაური, თ.ჯობავა, გ.ჩლაჩიძე
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
I.2. ა. მომზადდა ნაშრომი - Распределение в Пространстве Быстроты Кумулятивных Протонов Образованных в Ядро-Ядерных Соударениях при Релятивистских Энергиях. Л.Н.Абесалашвили, Л.Т.Ахобадзе, Ю. В.Тевзадзе			

მიღებულია ჟურნალში GESJ-Physics. 2017.07.24. ID 2997.

შეისწავლება  $AiTa=(p,d,He,C)Ta$  - პროტონების, დეიტონის, ჰელიუმისა და ნახშირბადის მსუბუქი ბირთვების ტანტალის მძიმე ბირთვებთან დაჯახებების შედეგად დაბადებული, როგორც  $p^{cum}$ -კუმულატიური პროტონების, ასევე არაკუმულატიური პროტონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები (სკმ) და მათი განაწილებები  $Y$  -სისწრაფეთა სივრცეში და მოწმდება SRC-Short Range Correlation - ახლოქმედების კორელაციების პირობა სისწრაფეთა სივრცეში -  $\Delta Y=|Y_i - Y_j| < 2$ .

ექსპერიმენტი ჩატარდა ქ.დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებულ ინსტიტუტში(დუბნა,ზკგი.)

ნაჩვენებია, რომ  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$  - საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში  $p^{cum}$ -კუმულატიურ პროტონებს შორის არაა დამოკიდებული არც პირველად ენერგიაზე და არც დამცემი ბირთვის მასურ რიცხვზე, შეიძლება ითქვას, რომ ადგილი აქვს ე.წ. „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას - Hypothesis of “soft” decoloration. ეს ერთგვარი ანალოგია ე.წ. სკვილინგის, ან მასშტაბური ინვარიანტობის (ეს ცნებები ძალიან გავრცელებული იყო ლიტერატურაში მე-20-ე საუკუნის 70 და 80-იან წლებში).

ექსპერიმენტული მონაცემები (CTa - დაჯახებები  $4.2A\text{GeV}/c$  იმპულსის დროს) შედარებულია QGSM -კვარკ-გლუონური სიმური მოდელის შედეგებთან. მოდელი საკმაოდ კარგად აღწერს ექსპერიმენტს.

კუმულატიური პროცესების შესწავლა არის რელატიური ბირთვული ფიზიკის ერთ-ერთი საინტერესო ამოცანა. შემთხვევა, ან პროცესი ითვლება კუმულატიურად თუ მეორად ნაწილაკებს შორის არის თუნდაც ერთი  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონი. კუმულატიურია პროტონი თუ მისი სკმ-ი არ ემორჩილება NN-ნუკლონ-ნუკლონის გაბნევის კინემატიკას.  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონის წარმოქმნა დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვში (ჩვენ შემთხვევაში სამიზნე არის მძიმე ბირთვი Ta-ტანტალი) F -ფლუქტონის -მრავალკვარკიანი სისტემის წარმოქმნასთან. F -ფლუქტონი სამიზნე ბირთვში წარმოიქმნება ნუკლონების ლოკალური თვითფლუქტუაციის შედეგად, როდესაც 2 ან მეტი ნუკლონი ქმნის ერთიან სისტემას ძალიან მცირე დროის განმავლობაში. F -ფლუქტონის ზომა არის  $<1F = 10(-13)\text{cm}$ -ზე. დამცემი ნუკლონი გაიბნევა F -ზე და კარგავს იმპულსის დიდ ნაწილს და მიიღებინ კუმულატიური პროტონები - $p^{cum}$ , რომლებიც ბირთვის გარეთ ქმნიან jet -ჭავლებს (და მიიღებინ, შესაბამისად  $N_{ev}^H$ -ხისტი პროცესები). შემთხვევა (პროცესი) ითვლება ხისტად ( $N_{ev}^H$ ), თუ მეორად ნაწილაკებს შორის არის თუნდაც ერთი პროტონი, რომლის  $n_c$  კუმულატიური რიცხვის მნიშვნელობა მეტია 1-ზე, ე.ი.

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

სადაც, E არის პროტონის ენერგია,  $P_{\parallel}$ -გასწვრივი იმპულსი Lab -სისტემაში,  $m_N$ -ნუკლონის მასაა. შემთხვევა სადაც არაა არც ერთი  $p^{cum}$ -კუმულატიური პროტონი ითვლება რბილ შემთხვევად -  $N_{ev}^S$ .

თანამედროვე თეორიული წარმოდგენების თანახმად  $N_{ev}^H$  ხისტი პროცესის წარმოქმნა

დაკავშირებულია დამჯახებელი ობიექტების (NF-ნუკლონის და ფლუქტონის) შემადგენელი q-კვარკებისა და g-გლუონების ხისტ გაბნევასთან.

F- ფლუქტონები - მრავალკვარკიანი კონფიგურაციები ბირთვში (ან, მკვრივი კვარკული ჩანთა - Dense Quark Bag –DQB) შეიძლება წარმოიქმნან ორ სხვადასხვა ფიზიკურ პროცესში. პირველი - დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების თვითფლუქტუაციასთან და იწოდება „ცივ“ მოდელად. მეორე - „ცხელი“ მოდელი დაკავშირებულია სამიზნის ნუკლონების (სამიზნე მატერიის) შეკუმშვასთან დამცემი ობიექტის (დამცემი ადრონის) გავლენით. ამჟამად უპირატესობა ენიჭება ე.წ. „ცივ“ მოდელს და ამას ექსპერიმენტებიც ადასტურებენ.

ადრინდელი ინტერპრეტაციებით კუმულატიური პროტონების წარმოქმნას უკავშირებდნენ ნუკლონების ფერმი მოძრაობას ბირთვში, მაგრამ შემდეგ ეს წარმოდგენა უარყოფილი იქნა.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ კუმულატიური ნაწილაკი (ჩვენს შემთხვევაში პროტონი) წარმოქმნება დამცემი პროტონის ფლუქტონზე გაბნევის შედეგად; გაბნევის შემდეგ დამცემი პროტონი კარგავს თავისი იმპულსის დიდ ნაწილს და გაიბნევა დიდ კუთხეზე - გამოდის ბირთვიდან მეორადი ურთიერთქმედების გარეშე და ბირთვის გარეთ წარმოიქმნებიან jet -პროტონების ჭავლები  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონების სკმ ~ ერთნაირია და არ არიან დამოკიდებულებები დამცემი ობიექტის მასურ რიცხვზე -  $A_i$  და ენერგიაზე და არც  $A_i$  -სამიზნე ბირთვის მასაზე - ადგილი აქვს „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას - Hypothesis of Soft Decoloration.

### კუმულატიური და არაკუმულატიური პროტონების განაწილება სისწრაფეთა სივრცეში და ახლოქმედების კორელაციების პირობის შემოწმება

თანამედროვე თეორიული წარმოდგენების თანახმად ხისტი დაჯახების შედეგად წარმოქმნილი სწრაფი q-კვარკების ადრონიზაცია შეიძლება მოხდეს არა მხოლოდ ერთ კუმულატიურ ნაწილაკად, არამედ რამდენიმე კუმულატიურ ნაწილაკად - ე.ი. წარმოიქმნას jet - ჭავლი. ამ დროს უნდა სრულდებოდეს ახლოქმედების კორელაციების პირობა სისწრაფეთა სივრცეში - SRC-Short Range Correlation

$$\Delta Y = |Y_i - Y_j| < 2 \quad (2)$$

სადაც  $Y_i$  და  $Y_j$  არიან  $i$  და  $j$  ნაწილაკების გასწვრივი სისწრაფეები. მე-2-ე პირობა გამოყოფს ნაწილაკებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან სწრაფი q-კვარკისაგან.

განვიხილოთ  $N_{ev}^H$  - ხისტ პროცესებში წარმოქმნილი  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონებისა და მათი თანმხლები  $p^{ass}$ - პროტონების (რომელთა  $n_c \leq 1$ ) და  $N_{ev}^s$  -რბილ შემთხვევებში  $p^s$ - პროტონების სკმ-ი --  $\langle PL(p^{cum}) \rangle$ ,  $\langle PL(p^{ass}) \rangle$  და  $\langle PL(p^s) \rangle$  - კუმულატიური და არაკუმულატიური პროტონების

საშუალო იმპულსები .  $\langle \Theta_L(p^{cum}) \rangle$ ,  $\langle \Theta_L(p^{ass}) \rangle$  და  $\langle \Theta_L(p^s) \rangle$  -გაბნევის საშუალო კუთხეები და საშუალო მანძილები  $Y$  -სისწრაფეთა სივრცეში სხვადასხვა ტიპის ნაწილაკებს შორის. როგორც ექსპერიმენტული მონაცემები გვიჩვენებენ  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონების სკმ - საშუალო იმპულსი, გაბნევის საშუალო კუთხე, საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში არ არიან დამოკიდებულებები დამოკიდებულებები არც  $A_i$  -დამცემი ბირთვის მასურ

რიცხვზე და არც დამცემი ბირთვის იმპულსზე.  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$  - სისწრაფეთა სივრცეში მანძილის მოდელური და ექსპერიმენტული მნიშვნელობები ერთმანეთისაგან პრაქტიკულად არ განსხვავდებიან. მაგ.

$$\begin{aligned} \langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle (EXP) &= (0.242 \pm 0.006) \\ \langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle (MOD) &= (0.210 \pm 0.002) \end{aligned} \quad (3)$$

(CTa-ურთიერთქმედებები) (ცხრ. №1)

კუმულატიური პროტონები არსებით გავლენას ახდენენ თანმხლები ნაწილაკების -  $p^{ass}$  მახასიათებლების ფორმირებაზე. ამიტომ არის, რომ  $p^{ass}$  კუმულატიური პროტონების თანმხლები პროტონების და  $p^s$  - რბილი შემთხვევების პროტონების სკმ ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან. მაგ.

$$(4) \left\{ \begin{array}{ll} \langle P_L(p^s)(CTa) \rangle = (1.674 \pm 0.009) GeV/c; & \langle P_L(p^{ass})(CTa) \rangle = (1.098 \pm 0.012) GeV/c; \\ \langle \Theta_L(p^s)(CTa) \rangle = (25.28 \pm 0.300) \text{ deg } r; & \langle \Theta_L(p^{ass})(CTa) \rangle = (35.13 \pm 0.029) \text{ deg } r; \\ \langle P_L(p^s)(pTa) \rangle = (1.582 \pm 0.036) GeV/c; & \langle P_L(p^{ass})(pTa) \rangle = (0.927 \pm 0.020) GeV/c; \\ \langle \Theta_L(p^s)(pTa) \rangle = (26.950 \pm 0.400) \text{ deg } r; & \langle \Theta_L(p^{ass})(pTa) \rangle = (37.080 \pm 0.570) \text{ deg } r; \\ \langle P_L(p^s)(dTa) \rangle = (1.126 \pm 0.019) GeV/c; & \langle P_L(p^{ass})(dTa) \rangle = (0.728 \pm 0.011) GeV/c; \\ \langle \Theta_L(p^s)(dTa) \rangle = (31.780 \pm 1.500) \text{ deg } r; & \langle \Theta_L(p^{ass})(dTa) \rangle = (38.990 \pm 0.320) \text{ deg } r. \end{array} \right.$$

$$(5) \left\{ \begin{array}{ll} \langle \Delta Y(p^s)(CTa) \rangle = (0.590 \pm 0.022); & \langle \Delta Y(p^{ass})(CTa) \rangle = (0.460 \pm 0.012) \\ \langle \Delta Y(p^s)(pTa) \rangle = (0.506 \pm 0.014); & \langle \Delta Y(p^{ass})(pTa) \rangle = (0.384 \pm 0.010) \\ \langle \Delta Y(p^s)(dTa) \rangle = (0.415 \pm 0.012); & \langle \Delta Y(p^{ass})(dTa) \rangle = (0.306 \pm 0.010) \end{array} \right.$$

(იხ. ცხრ. №1)

კიდევ ერთხელ ხაზგასმით აღვნიშნოთ, რომ კუმულატიური ნაწილაკების (ან, უფრო სწორად - კუმულატიური ნაწილაკების ველი) არსებით გავლენას ახდენს თანმხლები ნაწილაკების სკმ-ის ფორმირებაზე.

**სისწრაფეთა სივრცეში კუმულატიურ პროტონებს შორის  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$ -საშუალო მანძილის დამოკიდებულება კუმულატიური ნაწილაკების რაოდენობისაგან შემთხვევაში**

როგორც ზემოთ უკვე ითქვა საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$ -კუმულატიურ პროტონებს შორის არაა დამოკიდებული არც  $A_i$ -დამცემი ბირთვის მასურ რიცხვზე და არც  $A_i$ -ს იმპულსზე.  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონების სკმ ერთმანეთისაგან რეალურად არ განსხვავდებიან (იხ. ცხრ. №1).

ექსპერიმენტული მონაცემებიდან ცნობილია, რომ შემთხვევაში მეორადი ნაწილაკების რაოდენობის ზრდასთან ერთად მცირდება საშუალო იმპულსი და იზრდება გამოფრენის საშუალო კუთხე, მაგრამ  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონები ამ წესს არ ემორჩილებიან. იგივე ეხება  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$ -საშუალო მანძილს კუმულატიურ ნაწილაკებს შორის  $Y$  - სისწრაფეთა სივრცეში. როცა შემთხვევაში -კუმულატიური პროტონების რაოდენობა იცვლება 2-დან 11-მდე  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle$ -ის მნიშვნელობები პრაქტიკულად არ იცვლებიან მაგ., როცა  $N_p^{cum}=2$ , მაშინ  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle = (0.210 \pm 0.032)$ ; როცა  $N_p^{cum}=6$ ,  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle = (0.251 \pm 0.020)$ ; როცა  $N_p^{cum}=10$ ,  $\langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle = (0.211 \pm 0.024)$  (CTa -დაჯახებები, როცა  $p = 4.2 A GeV/c$ ). (ცხრ. №2)

იგივე ეხება სხვა  $A_iTa=(p,d,He)Ta-$  დაჯახებებს და  $p^{ass}$  -კუმულატიური პროტონების თანმხლებ პროტონებს და  $p^s$  - პროტონებს რბილი შემთხვევებიდან. ცხრილებიდან ჩანს რომ მოდელური და ექსპერიმენტული მონაცემები ერთმანეთთან კარგ თანხმობაშია (მოდელი QGSM-Quark Gluon String Model -კვარკ-გლუონური სიმური მოდელი). (იხ. ცხრ.№3 და №4).

**ცხრილი №1**

$A_iA_t \equiv (p, d, He, C)Ta$  – დაჯახებები

ახლოქმედების კორელაციების პირობის შემოწმება  $Y$  -სისწრაფეთა სივრცეში  $\Delta Y=|Y_i-Y_j|<2$  .  $p^{cum}$ ,  $p^{ass}$ , და  $p^s$ -ის იმპულსური და კუთხური მახასიათებლები .

№	$A_iA_t$	$P(A_{GeV}/c)$	Частица	$\langle \Delta Y(EXP) \rangle$	$\langle \Delta Y(MOD) \rangle$	$\langle P_L \rangle GeV/c$	$\langle \Theta_L \rangle degr$
1	CTa	4.2	$p^{cum}$	0.242±0.006	0.210±0.002	0.578±0.015	105.3±1.100
2	CTa	4.	$p^{ass}$	0.460±0.012	0.506±0.001	1.098±0.012	35.13±0.290
3	CTa	4.2	$p^s$	0.590±0.022	0.623±0.005	1.674±0.09	25.28±0.300
4	pTa	10	$p^{cum}$	0.226±0.014		0.569±0.022	107.70±2.580
5	pTa	10	$p^{ass}$	0.384±0.010		0.927±0.020	37.08±0.570
6	pTa	10	$p^s$	0.506±0.014		1.582±0.036	26.95±0.400
7	dTa	4.2	$p^{cum}$	0.220±0.024		0.510±0.033	108.40±3.910
8	dTa	4.2	$p^{ass}$	0.306±0.010		0.728±0.011	38.99±0.320
9	dTa	4.2	$p^s$	0.415±0.012		1.126±0.019	31.78±1.500
10	HeTa	4.2	$p^{cum}$	0.256±0.011		0.600±0.057	103.03±4.500
11	HeTa	4.2	$p^{ass}$	0.381±0.010		0.999±0.009	34.93±0.350
12	HeTa	4.2	$p^s$	0.485±0.012		1.592±0.046	25.86±0.600

ცნობილია, რომ ნაწილაკების სკმ დამოკიდებულია  $n_c$ -კუმულატიური რიცხვისაგან (ცვლადისაგან) .  $n_c$ - ზრდასთან ერთად (ფაქტიურად სამიზნის მასის ზრდასთან ერთად) მცირდება ნაწილაკის საშუალო იმპულსი და იზრდება გაბნევის საშუალო კუთხე. როცა პროტონის  $n_c > 1$  ის ითვლება კუმულატიურ ნაწილაკად -  $p^{cum}$  კუმულატიური ნაწილაკების ნაწილი მიფრინავენ უკან lab-სისტემაში  $p_b^{cum}$  და ნაწილი წინ -  $p_f^{cum}$ . წინ და უკან მიფრინავი კუმულატიური ნაწილაკების მახასიათებლები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან. მაგ.,

$$(7) \begin{cases} \langle P_L((p_b^{cum})(CTa)) \rangle = (0.440 \pm 0.015) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_b^{cum})(CTa)) \rangle = (119.600 \pm 2.270) deg r \\ \langle T((p_b^{cum})(CTa)) \rangle = (73.000 \pm 1.300) mev; & \langle n_c \rangle = (1.320 \pm 0.030) \\ \langle P_L((p_b^{cum})(dTa)) \rangle = (0.436 \pm 0.025) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_b^{cum})(dTa)) \rangle = (120.000 \pm 3.110) deg r \\ \langle T((p_b^{cum})(dTa)) \rangle = (80.000 \pm 3.000) mev; & \langle n_c \rangle = (1.320 \pm 0.040) \\ \langle P_L((p_b^{cum})(pTa)) \rangle = (0.448 \pm 0.022) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_b^{cum})(pTa)) \rangle = (120.420 \pm 2.250) deg r \\ \langle T((p_b^{cum})(pTa)) \rangle = (75.000 \pm 1.440) mev; & \langle n_c \rangle = (1.330 \pm 0.050) \end{cases}$$

მოყვანილია  $p_b^{cum}$ -უკან მიმფრინავი კუმულატიური პროტონების სკმ -საშუალო იმპულსი, გამოფრენის საშუალო კუთხე, ტემპერატურა და  $n_c$ - კუმულატიური ცვლადის მნიშვნელობა.

Lab - სისტემაში წინ მიმფრინავი  $p^{cum}$ -კუმულატიური პროტონების ( $\Theta < 90^\circ$ ) მახასიათებლები ასეთია:



$$(8) \left\{ \begin{array}{ll} \langle P_L((p_f^{cum})(CTa)) \rangle = (0.857 \pm 0.019) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_f^{cum})(CTa)) \rangle = (76.310 \pm 1.320) \text{ deg } r \\ \langle T((p_f^{cum})(CTa)) \rangle = (153.000 \pm 0.500) \text{ mev}; & \langle n_c \rangle = (1.120 \pm 0.040) \\ \langle P_L((p_f^{cum})(dTa)) \rangle = (0.706 \pm 0.032) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_f^{cum})(dTa)) \rangle = (77.650 \pm 2.120) \text{ deg } r \\ \langle T((p_f^{cum})(dTa)) \rangle = (170.000 \pm 3.000) \text{ mev}; & \langle n_c \rangle = (1.090 \pm 0.050) \\ \langle P_L((p_f^{cum})(pTa)) \rangle = (0.867 \pm 0.055) GeV / c; & \langle \Theta_L((p_f^{cum})(pTa)) \rangle = (76.510 \pm 3.300) \text{ deg } r \\ \langle T((p_f^{cum})(pTa)) \rangle = (175.000 \pm 2.100) \text{ mev}; & \langle n_c \rangle = (1.130 \pm 0.040) \end{array} \right.$$

**ცხრილი №2**

CTa → p<sup>cum</sup>. SRC -ახლოქმედების კორელაციის პირობის შემოწმება - p<sup>cum</sup> კუმულატიური პროტონებისათვის  $\Delta Y = |Y_i - Y_j| < 2$ .  $\langle \Delta Y \rangle \langle \text{EXP} \rangle$  და  $\langle \Delta Y \rangle \langle \text{MOD} \rangle$  ექსპერიმენტული და მოდელური მნიშვნელობები.  $N_{com}$  -ორნაწილაკოვანი კომბინაციების რაოდენობა:

$$C_n^2 = \frac{n!}{2(n-2)!}$$

N	$N_p^{cum}$	$N_{ev}^H(\text{EXP})$	$N_{com}(\text{EXP})$	$\langle \Delta Y(\text{EXP}) \rangle$	$N_{ev}^H(\text{MOD})$	$N_{com}(\text{MOD})$	$\langle \Delta Y(\text{MOD}) \rangle$
1	2	268	268	0.210±0.032	2234	2234	0.213±0.10
2	3	186	558	0.233±0.023	1937	5811	0.210±0.010
3	4	123	738	0.222±0.023	1393	8358	0.210±0.005
4	5	100	1000	0.233±0.023	828	8280	0.211±0.006
5	6	75	1125	0.251±0.020	468	7020	0.214±0.006
6	7	51	1071	0.256±0.021	200	4200	0.195±0.007
7	8	32	896	0.245±0.021	80	2240	0.217±0.010
8	9	21	756	0.235±0.020	42	1512	0.201±0.013
9	10	9	405	0.211±0.024	15	675	0.200±0.005
10	11	9	495	0.227±0.023	4	220	0.201±0.005
11	Σ	874	7312	0.233±0.004	7201	40550	0.210±0.002

**ცხრილი №3**

CTa → p<sup>ass</sup> (4.2AGeV/c)  $N_{ev}^H$  -ხისტი პროცესები. SRC -ახლოქმედების კორელაციის პირობის შემოწმება - p<sup>ass</sup> თანმხლები პროტონებისათვის

N	$N_p^{as}$	$N_{ev}^H(\text{EXP})$	$N_{com}(\text{EXP})$	$\langle \Delta Y(\text{EXP}) \rangle$	$N_{ev}^H(\text{MOD})$	$N_{com}(\text{MOD})$	$\langle \Delta Y(\text{MOD}) \rangle$
1	2	65	65	0.518±0.100	27	2234	0.550±0.018
2	3	77	231	0.395±0.060	81	5811	0.515±0.070
3	4	53	318	0.372±0.040	180	8358	0.549±0.031
4	5	61	610	0.464±0.038	295	8280	0.665±0.019
5	6	75	1125	0.499±0.030	431	7020	0.644±0.018
6	7	74	1154	0.472±0.023	569	4200	0.648±0.010
7	8	66	1848	0.539±0.021	767	2240	0.640±0.010
8	9	69	2484	0.478±0.017	907	1512	0.620±0.012
9	10	60	2700	0.505±0.014	1001	675	0.598±0.005
10	11	83	4565	0.497±0.013	940	220	0.579±0.010
11	12	59	3894	0.522±0.014	94	59664	0.571±0.010
12	13	50	3900	0.505±0.014	731	57018	0.571±0.004
13	14	48	4368	0.496±0.012	663	60333	0.557±0.004
14	15	49	5145	0.501±0.010	494	51870	0.543±0.005
15	16	35	4200	0.478±0.011	396	47520	0.539±0.004

16	17	38	5168	0.522±0.012	241	32776	0.538±0.005
17	18	38	5814	0.497±0.010	185	28305	0.541±0.005
18	19	45	7695	0.483±0.009	115	1665	0.510±0.006
19	20	29	5510	0.466±0.010	57	10830	0.513±0.008
20	21	31	6510	0.433±0.011	30	6300	0.512±0.012
21	22	28	64468	0.426±0.012	25	5775	0.508±0.011
22	23	28	7084	0.444±0.008	8	1570	0.529±0.010
23	24	23	6348	0.432±0.001	2	1380	0.508±0.011
24	25	18	5400	0.425±0.008	5	600	0.513±0.021
25	Σ	1220	99394	0.456±0.012	9024	557394	0.505±0.001

**ცხრილი №4**CTa → p<sup>s</sup> (4.2AGeV/c)

$N_{ev}^s$ -რბილი პროცესები. SRC -ახლოქმედების კორელაციის პირობის შემოწმება - p<sup>s</sup> ნაწილაკებისათვის

N	$N_p^s$	$N_{ev}^s(EXP)$	$N_{com}(EXP)$	$\langle \Delta Y(EXP) \rangle$	$N_{ev}^s(MOD)$	$N_{com}(MOD)$	$\langle \Delta Y(MOD) \rangle$
1	2	206	206	0.628±0.071	20	20	0.716±0.251
2	3	114	342	0.591±0.053	40	120	0.578±0.180
3	4	89	534	0.593±0.041	60	360	0.689±0.056
4	5	53	530	0.592±0.042	83	830	0.709±0.038
5	6	32	480	0.629±0.045	105	1575	0.704±0.027
6	7	32	672	0.677±0.041	88	1848	0.710±0.026
7	8	36	1008	0.616±0.039	112	3136	0.637±0.018
8	9	25	900	0.650±0.034	82	3690	0.628±0.017
9	10	19	855	0.604±0.030	75	3780	0.629±0.016
10	11	7	385	0.585±0.047	71	3905	0.623±0.016
11	12	8	528	0.579±0.040	68	4488	0.617±0.016
12	13	2	156	0.556±0.071	42	3276	0.606±0.017
13	14	2	182	0.601±0.052	25	2275	0.517±0.019
14	15	2	240	0.631±0.071	6	1680	0.588±0.023
15	16	3	408	0.455±0.046	10	1200	0.593±0.028
	Σ	630	9217	0.559±0.022		33793	0.623±0.005

**ცხრილი №5**CTa → p<sup>cum</sup> (4.2AGeV/c)

SRC -პირობის შემოწმება Lab- სისტემაში უკან ( $p_b^{cum}$ ) და წინ - ( $p_f^{cum}$ ) მიმდრინავი კუმულატიური პროტონებისათვის

N	$N_{pf}^{cum}$	$N_{ev}^H(EXP)$	$N_{com}(EXP)$	$\langle \Delta Y(p_f^{cum}) \rangle (EXP)$	$N_{pb}^{cum}$	$N_{ev}^H(EXP)$	$N_{com}(EXP)$	$\langle \Delta Y(p_b^{cum}) \rangle (EXP)$
1	2	179	179	0.155±0.030	2	290	290	0.131±0.020
2	3	84	252	0.176±0.030	3	176	528	0.135±0.020
3	4	44	264	0.175±0.030	4	94	564	0.138±0.020
4	5	13	130	0.139±0.030	5	60	600	0.128±0.020
5	6	8	120	0.142±0.034	6	38	570	0.131±0.020
	7	1	21	0.151±0.035	7	15	315	0.135±0.020
7	8	329	966	0.163±0.010	Σ	682	329	0.134±0.010

განუზღვრელობის თანაფარდობა იმპულსისა და Y-სისწრაფისათვის და სწრაფი პროცესები

განუზღვრელობის თანაფარდობა ენერჯისა და დროისთვის (და იმპულსისა და კოორდინატისათვის) იწერება ასე

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar \quad (6)$$

$$\Delta p \Delta x \geq \hbar \quad (7)$$

მე-6-ე განტოლებიდან ჩანს, რომ რაც უფრო მეტია გადაცემული (გამოყოფილი) ენერჯია ( $\Delta E$ ) მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დაჯახების პროცესი და მით უფრო მცირეა  $\Delta t$ . მე-7-ე განტოლებიდან გამოდის, რომ რაც უფრო დიდია გადაცემული იმპულსი ( $\Delta p$ ) მით უფრო ახლოს მიდის ერთმანეთთან ურთიერთქმედი ნაწილაკები ე.ი.  $\Delta x$  მანძილი ურთიერთმოქმედ ნაწილაკებს შორის მცირდება.

$\Delta t$  -დრო განსაზღვრავს ურთიერთქმედების რადიუსს

$$r_{in} = \Delta t \cdot c \quad (8)$$

თუ გამოყოფილი (გადაცემული) ენერჯია  $\Delta E \approx 4\text{GeV}$ , მაშინ (იხ.6)

$$\Delta t = \frac{\hbar}{\Delta E} = \frac{1.05 \times 10^{-27} \text{ erg} \times \text{sec}}{4 \times (1.6 \times 10^{-3}) \text{ erg}} = 0.16 \times 10^{-24} \text{ sec} \quad (9)$$

და ურთიერთქმედების რადიუსისათვის გვექნება

$$r_{in} = \Delta t \cdot c = 0.16 \times 10^{-24} \text{ sec} \times 2.90 \times 10^{10} \text{ cm} \times \text{sec}^{-1} = 0.48 \times 10^{-14} \text{ cm} \quad (10)$$

მე-7-ე გამოსახულების ანალოგიურად განუზღვრელობის თანაფარდობა იმპულსისა და  $Y$ -სისწრაფისათვის შეიძლება ასე ჩაიწეროს

$$\Delta p \Delta Y \geq \hbar \quad (11)$$

ე.ი. რაც უფრო დიდია გადაცემული იმპულსი მით უფრო ახლოს მიდის ერთმანეთთან სისწრაფეთა სივრცეში დამჯახებელი ნაწილაკები ე.ი. მით უფრო მცირეა  $\Delta Y$ .

$\Delta Y$ -სიმცირე ნიშნავს, იმას რომ დამჯახებელმა ნაწილაკმა დაკარგა იმპულსის დიდი ნაწილი და გაიბნა დიდ კუთხეზე. მცირე  $\Delta Y$  ნიშნავს ნაწილაკის მცირე იმპულსს და გაბნევას დიდ კუთხეებზე. დიდი  $\Delta Y$  ნიშნავს მცირე გადაცემულ იმპულსს  $\Delta p$ -ს და დიდ საშუალო იმპულსს (გაბნევის კუთხე მცირდება).

ასეთი ლოგიკის თანახმად  $p^{cum}$  კუმულატიური პროტონები და არაკუმულატიური პროტონების (და საერთოდ ნაწილაკების) საშუალო იმპულსები განსხვავდებიან იმდენად, რამდენადაც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან კუმულატიური და არაკუმულატიური პროტონების  $\langle \Delta Y \rangle$  -საშუალო მანძილები სისწრაფეთა სივრცეში. მაგ.:

$$\left. \begin{aligned} \langle P_L(p^{cum}) \rangle &= (0.578 \pm 0.015) \text{ GeV} / c; & \langle \Delta Y(p^{cum}) \rangle &= (0.242 \pm 0.010) \\ \langle P_L(p^{ass}) \rangle &= (1.098 \pm 0.012) \text{ GeV} / c & \langle \Delta Y(p^{ass}) \rangle &= (0.460 \pm 0.002); \\ \langle P_L(p^s) \rangle &= (1.674 \pm 0.009) \text{ GeV} / c; & \langle \Delta Y(p^s) \rangle &= (0.590 \pm 0.015). \end{aligned} \right\}$$

(იხ.ცხრ.№1)

$A_iTa=(p,d,He,C)Ta$ -პროტონების, დეიტონების, ჰელიუმისა და ნახშირბადის რელატიური ბირთვების  $Ta$ -ტანტალის მძიმე ბირთვებთან დაჯახებების შედეგად წარმოქმნილი კუმულატიური პროტონები და არაკუმულატიური პროტონების სკმ-ის შესწავლამ გვიჩვენა (იმპულსი  $4.2A\text{Gev}/c$  და  $10\text{Gev}/c$ ) რომ:

1. SRC-სისწრაფეთა სივრცეში ახლოქმედების კორელაციების პირობა ( $\Delta Y=|Y_i-Y_j|<2$ ) შესრულებულია, როგორც კუმულატიური, ასევე არაკუმულატიური პროტონებისათვის;
2.  $\langle \Delta Y(p^{\text{cum}}) \rangle$  -საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში კუმულატიური პროტონებს შორის არ არის დამოკიდებული არც  $A_i$  -დამცემი ბირთვის მასურ რიცხვზე და არც დამცემი ბირთვის ენერგიაზე - შეიძლება ითქვას, რომ ადგილი აქვს „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას - Hypothesis of Soft Decoloration - რაც იმას ნიშნავს, რომ ადგილი აქვს  $q$ -კვარკებისა და  $g$ -გლუონების ადრონიზაციის ერთიანი მექანიზმის გამოვლენას;
3.  $\langle \Delta Y(p^{\text{cum}}) \rangle$  -საშუალო მანძილი სისწრაფეთა სივრცეში კუმულატიური პროტონებს შორის არსებითად მცირეა, ვიდრე შესაბამისი სიდიდეები  $p^{\text{ass}}$  თანმხლები პროტონებისათვის და  $p^{-s7}$  რბილი პროტონებისათვის;
4. მე-3-ე პუნქტის დასკვნა მიუთითებს იმას, რომ ჭავლები ფორმირდებიან კუმულატიური პროტონებისაგან;
5. განუზღვრელობის თანაფარდობა  $Y$ -სისწრაფესა და  $P$ -იმპულსს შორის სისწრაფეთა სივრცეში ჩაიწერა ასე  $\Delta P \Delta Y \geq \hbar$  ე.ი.  $\Delta Y$ -ის შემცირება იწვევს  $\Delta P$  გადაცემული იმპულსის და გამოფრენის კუთხის გაზრდას. (ექსპერიმენტული მონაცემები ეთანხმებიან ჩვენს მოსაზრებებს);
6. ჰადრონების ურთიერთქმედებების რადიუსი  $r_{in}$  განხილულ ენერგიებზე არის  $r_{in}=0.48 \times 10^{-14}\text{cm}$ .

VII. 3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიუხედავად	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	2	3	4	5

დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ  
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

## XXI. 4.

2	პროექტის დასახე- ლება მეცნიერების დარგისა და სამეც- ნიერო მიმართულე- ბის მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	ახალი თაობის ECAL ელექტრომაგნიტურ ი კალორიმეტრის შექმნა JPARC -ის COMET ექსპერიმენტისათვი ს №DI/32/6-200/14 საბუნებისმეტყველ ო მეცნიერება, ფიზიკა	სსიპ რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი	პროექტის ხელმძღვანელი ფიზ. მათ. მეცნ. კანდიდატი (JINR, DUBNA) ზ. წამალაძე თანახელმძღვანელი ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტორი ი.თევზაძე	ი.ბალათურია, ი.ტრეკოვი, ბ.ჭილაძე, ი.მინაშვილი, ა.ხვედელიძე, ს.გოგილიძე, ი.ლომიძე, ნ.წვერავა

გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და  
პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

**I. კალორიმეტრის პროტოტიპების ტესტირება 100 მევიანი ელექტრონების ნაკადით  
(სინათლის გამოსავალი, ენერგეტიკული და დროითი გარჩევისუნარიანობა).**

თსუ მეფი არის COMET Coherent Muon to Electron Transition-საერთაშორისო  
ექსპერიმენტის წევრი. ექსპერიმენტი ჩატარდება იაპონიაში J-PARC (Japan Particles  
Research Complex) პროტონულ ამაჩქარებელზე. COMET თანამშრომლობაში  
გაერთიანებულია მსოფლიოს 14 ქვეყნის 30 სამეცნიერო ორგანიზაცია აზიიდან,  
ევროპიდან და ამერიკიდან.

COMET ექსპერიმენტის საბოლოო მიზანია ლეპტონური არომატის შენახვის კანონის  
დარღვევის დაფიქსირება  $\mu \rightarrow e$ -კონვერსიაში. CM-სტანდარტული მოდელის ნებისმიერ  
გაფართოებაში (CM-ის მიღმა) შეიძლება ადგილი ჰქონდეს CLFV-Charged Lepton Flavor  
Violation (ლეპტონური არომატის შენახვის კანონის) დარღვევას. ეს კი ძალიან იშვიათი  
პროცესია, რომლის დასაკვირვებლად საჭიროა დიდი ინტენსიობის მქონე პროტონების  
მონოენერგეტიკული ნაკადები, საიდანაც მიიღებიან  $\mu$ -მიუონები და შემდეგ  $e$ -  
ელექტრონები.

COMET ექსპერიმენტის ერთერთი უმნიშვნელოვანესი დეტექტორი არის ECAL-  
ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრი, რომელიც შედგება ~2200 სეგმენტიზირებული  
სცინტილაციური კრისტალისაგან; ის განთავსებულია Straw Tracer-ის შემდეგ. ECAL-ის  
მთავარი დანიშნულებაა გაზომოს 105 მევიანი ელექტრონის ენერგია კარგი  
გარჩევისუნარიანობით, მოგვცეს დამატებითი ინფორმაცია ელექტრონის ტრაექტორიის  
შესახებ. გამომდინარე იქიდან, რომ გვაქვს სერიოზული ფონური პროცესები, ECAL-ის

მიმართ არის საკმაოდ მკაცრი მოთხოვნები:

1. ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა <5%, (105 მევიანი ელექტრონისათვის);
2. კლასტერის (2x2 კრისტალების მატრიცა) სივრცითი გარჩევისუნარიანობა  $\leq 1$ სმ.

იაპონიაში (ტოჰოკუს უნივერსიტეტის 100 მევიანი ელექტრონების ამაჩქარებზე - JAPAN, J-PARC, Tsukuba) ჩატარდა ECAL -ის პროტოტიპის (პრაქტიკულად სხვადასხვა კრისტალების თვისებების შესწავლა) ტესტირება. ე.ი. 100 მევიანი ელექტრონების ნაკადი ეცემა სც- სცინტილაციურ კრისტალებს. ეს კრისტალებია: LYSO-ლუტეციუმის სილიკატი, GSO -გადოლინიუმის სილიკატი, CsI-ცეზიუმის იოდინი, . . . გამოიკვეთა ორი სც-ის უპირატესობა -LYSO და GSO. LYSO-ს მახასიათებლები ასეთია - ის ყველაზე სწრაფი კრისტალია  $\tau$  (LYSO)=40nsec, მზადდება მინარევების გარეშე, მას გააჩნია დიდი სინათლის გამოსავალი. მისი მოლიერის რადიუსი  $R_M=2.07$ cm, გააჩნია ყველაზე დიდი სიმკვრივე  $\rho$ (LYSO)=7.4grcm<sup>-3</sup>. რაც შეეხება GSO-გადოლინიუმის სილიკატს - ის ვერ მზადდება მინარევების გარეშე (გააჩნია s-ნელი და f-სწრაფი კომპონენტები,  $\tau$ (s)=600nsec,  $\tau$ (f)=56nsec),  $R_M$ (GSO)=2.23cm,  $\rho$ (GSO)=6.71grsm<sup>-3</sup>.. ე.ი. 100მევიანი ელექტრონებით პროტოტიპების ტესტირებით, ECAL-ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრისათვის შეირჩა LYSO და GSO.

შედეგები სრულად აკმაყოფილებს ექსპერიმენტის მოთხოვნებს.

## II. ოპტიმალური ტიპის კრისტალების შერჩევა და ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრის მახასიათებლების დეტალური მოდელირება

ECAL -ელექტრომაგნიტურ კალორიმეტრს უნდა გააჩნდეს კარგი დროითი, ენერგეტიკული და სივრცითი გარჩევისუნარიანობა. იგი შედგენილი უნდა იყოს სწრაფი კრისტალებისაგან რომლებსაც გააჩნიატ სინათლის დიდი გამოსავალი და დიდი სიმკვრივე. უნდა მზადდებოდეს მინარევების გარეშე. ამიტომ შესწავლილი იქნა სხვადასხვა არაორგანული კრისტალი (LYSO-ლუტეციუმის სილიკატი, GSO-გადოლინიუმის სილიკატი და LFS (Lutetium Fune Silicate)), როგორც მოდელირებით, ასევე ექსპერიმენტულად. მოდელირება ჩატარებული იქნა პროგრამების GEANT4+SLITRANI-ის კომბინირებული ვარიანტით, რომელმაც მოგვცა საშუალება სრულად გაგვეთვალისწინებინა კრისტალის ოპტიკური თვისებები. ექსპერიმენტში გამოყენებული იქნა რადიაქტიური წყაროები - Na<sup>22</sup>(E=1.271mev), Co<sup>60</sup>(1.173mev; 1.32mev);ასევე 100mev-იანი ელექტრონების ნაკადი (იაპონია (ტოკიოს უნივერსიტეტი)). შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ ექსპერიმენტისა და მოდელირების შედეგები კარგად ემთხვევა ერთმანეთს. ყველაზე კარგი მახასიათებლები ათმოაჩნდა LYSO-ლუტეციუმის სილიკატს და ECAL-ი უნდა აიწყოს ამ კრისტალისაგან. LYSO-ს კრისტალის ზომა უნდა იყოს (2x2x12)cm<sup>3</sup>, ოპტიმალური კლასტერი არის (2x2) მატრიცა; LYSO-ს მახასიათებლები ასეთია:  $\tau$ (გამოსხივების დრო)=40msec, LY(სინათლის გამოსავალი)=83% (NaI(Tl)შედარებით),  $R_M$ (მოლიერის რადიუსი)=2.07cm,  $X_0$ (რადიაციული სიგრძე)=1.14cm;  $\rho$ (სიმკვრივე)=7.4grcm<sup>-3</sup>. LYSO არის მასიურ წარმოებაში და დახვეწილია მისი ზრდის ტექნოლოგია. LYSO-ს გააჩნია ყველაზე კარგი გარჩევისუნარიანობა ECAL-ის ეკალის გარჩევისუნარიანობაში დიდი წვლილი შეაქვს კრისტალის არაერთგვაროვნებას, ამიტომ ეს პარამეტრიც დაწვრილებით იქნა შესწავლილი, როგორც ექსპერიმენტულად, ასევე მოდელირებით. კრისტალის არაერთგვაროვნების შესწავლის დროს კარგად უნდა იქნას

შერჩეული თუ რა ამრეკლი ნივთიერება უნდა გამოვიყენოთ კრისტალის შესახვევად, რომ რაც შეიძლება ნაკლები სინათლე (ფოტონი) დაიკარგოს, საუკეთესო სინათლის გამოსავალი LY-Light Yield და საუკეთესო ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა მიიღება თუ შესახვევ მასალად ვიყენებთ ტეფლონს (2 შეხვევა). მოდელირებით (GEANT4=SLITRANI) შესწავლილი იქნა, რა გავლენას ახდენს ECAL-ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრის მახასიათებლებზე, თუ რა კუთხით შედის  $e^-$ -ელექტრონი LYSO-ლუტეციუმის სილიკატში. თუ ნაწილაკი შედის კრისტალში გარკვეული კუთხით, ეს გამოიწვევს ფოტონების ღვარის განვითარებას რამდენიმე კრისტალში და იზრდება LY-სინათლის გამოსავალი. რაც უფრო დიდ მანძის გადის  $e^-$ -ელექტრონი კრისტალში მით უფრო დიდია LY.

### III. კრისტალის სინათლის გამოსავალის არაერთგვაროვნების კონტროლი სხვადასხვა რადიაქტიური წყაროებით

ECAL-ელექტრომაგნიტური კალორიმეტრის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა ეფექტური ტრიგერული სიგნალის გამომუშავება, რაც მოითხოვს ელექტრონის ენერჯის დიდი სიზუსტით გაზომვას. კარგი ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა კი მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია კრისტალის ერთგვაროვნებაზე LY-გამოსავალი სინათლის მიმართ და სინათლის შეკრების ერთგვაროვნებაზე კრისტალის გასწვრივ, ე.ი. დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, რომ კრისტალის ნებისმიერ წერტილში წარმოქმნილი სინათლე მინიმალური დანაკარგებით გადაეცეს დეტექტორს, რაც დიდწილად განპირობებულია ე.წ.კრისტალის შესახვევი მასალით, რომელსაც ექნება დიდი არეკვლის და მინიმალური შთანთქმის უნარი. ასეთი თვისებები გააჩნია ისეთ შესახვევ ნივთიერებებს -wrapping material, როგორებიცაა-, TEFLON, MILLIPORE, TYVEK, ან BIKRN 347 საღებავი.

LY-გამოსავალი სინათლის შეკრების გაუმჯობესების მეთოდების შესამუშავებლად ექსპერიმენტულად შევისწავლეთ სინათლის გამოსვლის ერთგვაროვნება და ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა კრისტალის გასწვრივ, გაზომვებისათვის გამოვიყენეთ  $^{137}\text{Cs}$  და  $^{60}\text{Co}$  რადიაქტიური კოლიმირებული წყაროები. წყაროს გადაადგილება შესაძლებელი იყო 1მკ-ის ბიჯით. გასაზომად გამოიყენებოდა.

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ LYSO კრისტალისათვის საუკეთესო შედეგს იძლევა, თუ კრისტალს ჯერ შეახვევთ 2 ფენა TEFLON-ის ფირში, შემდეგ ერთ ESR -ის ფირში და ბოლოში კიდევ ერთხელ შეახვევთ ESR-ში. ამით მიღწეული იქნა საუკეთესო შედეგი - მინიმალური არაერთგვაროვნება  $(0.064 \pm 0.004)\%$ , ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობა 8.6%.

### IV. სტროუ მილების შერჩევა ექსპერიმენტ COMET-ის Straw Tracker-ისათვის

ექსპერიმენტ COMET-ის შემადგენელი ნაწილებიდან შეიძლება გამოვიყენოთ Straw Tracker-სტროუ ტრეკერი (ECAL – ელექტრომაგნიტურ კალორიმეტრთან ერთად) Straw Tracker-ის მთავარი შემადგენელი ნაწილია სტროუ მილები -ST. ST-ები მზადდება ქ.დუბნაში ბირთვული კვლევების გაერთიანებულ ინსტიტუტში (დუბნა, ბკგბ). ამ ტიპის მილები გამოიყენება ცერნში (CERN) ექსპერიმენტში NA62. ძალიან მნიშვნელოვანია მილების სიმტკიცის შემოწმება. პრინციპული მნიშვნელობა აქვს მილების კედლის სისქეს. რაც უფრო მცირეა მილის სისქე (ლაპარაკია რამდენიმე მიკრონზე), მით უფრო ნაკლებ ენერჯიას კარგავს მილში (ე.ი. სტროუ მილში) შემავალი  $e^-$ -ელექტრონი.

V.

XXII. 1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში

მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2 3 4	ლ.აბესალაშვილი ლ.ახობაძე ვ.გარსევანიშვილი ი.თევზაძე	Analysis of Characteristics of Particles Produced in Soft and Hard Processes in Nucleus-Nucleus Collisions at Relativistic Energies	Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, vol.11 , no 1. 2017	საქ.მეცნ.აკადემიის გამომცემლობა	7

ნაშრომში განხილულია ხისტი და რბილ პროცესებში მონაწილე  $\pi$  მეზონებისა და პროტონების მახასიათებლები. ხისტი და რბილი პროცესები წარმოიქმნებიან (p,d,He,C)Ta-დაჯახებებში პირველადი ენერგიების დროს (4.2AGeV/c და 10GeV/c) წარმოქმნილი ხისტი და რბილი პროცესების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები შედარებულია QGSM-კვარკ-გლუონური სიმური და DCM-დუბნის კასკადური მოდელების შედეგებთან. მოდელები დამაკმაყოფილებლად აღწერენ ექსპერიმენტს.



ნაჩვენებია, რომ ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში წარმოქმნილი  $p^{cum}$ -კუმულატიური პროტონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები (სკმ) არ არიან დამოკიდებული არც  $A_i$  -დამცემი, არც  $A_t$  -სამიზნე ბირთვების მასებზე და არც პირველად ენერგიაზე. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხისტი პროცესების წარმოიქმნა ძირითადად განპირობებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების საშუალო სიმკვრივის თვითფლუქტუაციით - „ცივი“ მოდელი; ის რომ  $p^{cum}$  -კუმულატიური პროტონების სკმ-ები არ არიან დამოკიდებული არც  $A_i$  -ზე, არც  $A_t$  -ზე და არც პირველად ენერგიაზე, შეიძლება მიუთითებს იმაზე, რომ ადგილი აქვს  $q$ -კვარკებისა და  $g$ -გლუონების ადრონიზაციის ერთიანი მექანიზმის გამოვლენას - „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზა -Hypothesis of soft decoloration.

P.S. 2018 წელს გაგრძელდება (p,d,He,C)(C,Ta) - პროტონების დეიტონების, ჰელიუმისა და ნახშირბადის მსუბუქი ბირთვების, C-ნახშირბადის და Ta-ტანტალის ბირთვებთან დაჯახების შედეგად მიღებული კუმულატიური პროცესების შესწავლა იმპულსების ინტერვალში (4.2AGeV/c და 10GeV/c)

ამას გარდა დაგეგმილა 40GeV/c-იანი  $\pi$  მეზონების ნახშირბადის ბირთვებთან ურთიერთქმედების შედეგად მიღებული კუმულატიური პროცესების გამოკვლევები. ამით შეგვიძლია შევისწავლოთ ყველაზე მსუბუქი, მაგრამ მაღალენერგიული ჰადრონის ( $\pi$  -მეზონის) გავლენა კუმულატიური პროცესის ჩამოყალიბებაში.

## II. 2. პუბლიკაციები:

### ბ) უცხოეთში

#### მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

#### სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

#### კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

#### სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

1					
---	--	--	--	--	--

XXIII. 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა  
(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო  
ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის  
ფარგლებში)

ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

ინტერდისციპლინური ფიზიკა-  
ბიოფიზიკა

\* სამეცნიერო ერთეულის (დეპარტამენტი, ინსტიტუტი, განყოფილება, ლაბორატორია) დასახელება, სადაც შესრულდა პროექტი: **ბიოფიზიკის კათედრა, სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი**

\* სამეცნიერო ერთეულის ხელმძღვანელი: პროფესორი თამაზ მძინარაშვილი

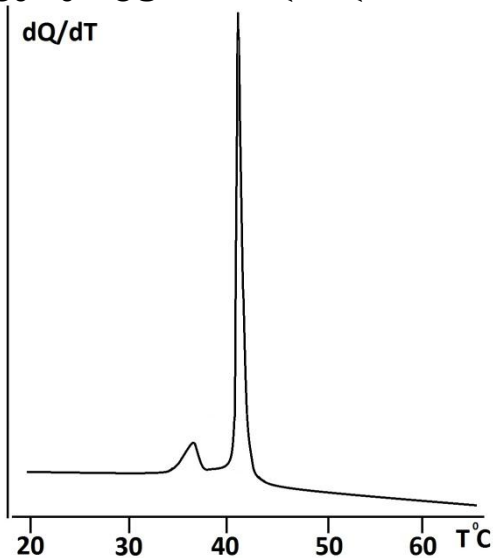
\* სამეცნიერო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა: **ასისტენტ პროფესორი მარიამ ხვედელიძე, ასისტენტ პროფესორი ზურაბ ქუჩუკაშვილი, შენგელაია ალექსანდრე, პროფესორი, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; ქოჩორაძე გივი, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; შეყილაძე ეკა, მეცნიერ თანამშრომელი, ჭეიშვილი ლევანი, მეცნიერ თანამშრომელი, დოქტორანტი; ნინო შენგელაია, ბიოლოგიის დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი**

1. საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის მიერ დაფინანსებული 2017 წლის გეგმით შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება უნივერსიტეტებთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1	C და E ვიტამინების წამლის გადამტან ლიპოსომებში ჩასმა ახალი, ჩვენს მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიით. კალორიმეტრული კვლევები. „ბიოფიზიკა“; ბიონანოტექნოლოგია	თამაზ მძინარაშვილი, სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი;	სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის წამლის გადამტანი ნანონაწილაკების განყოფილების თანამშრომლები: მარიამ ხვედელიძე, განყოფილების გამგე, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; შენგელაია ალექსანდრე, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; ქოჩორაძე გივი, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; შეყილაძე ეკა, მეცნიერ თანამშრომელი, დოქტორანტი; ჭეიშვილი ლევანი, მეცნიერ თანამშრომელი, დოქტორანტი; ნინო შენგელაია, ბიოლოგიის დოქტორი, უფროსი

			მეცნიერ თანამშრომელი თამაზ მძინარაშვილი, ინსტიტუტის ხელმძღვანელი, პროფესორი, კოორდინატორი.
--	--	--	--

დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე) ლიპოსომების, როგორც წამლის გადამტანი ნაწილაკები, შესაძლებელია გამოყენებული იყოს მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ მათი თერმოსტაბილობა იქნება უფრო მეტი, ვიდრე იმ ორგანიზმის ტემპერატურა, რისთვისაც იგეგმება მათი გამოყენება. სწორედ ამიტომ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრი არის ლიპოსომების თერმული სტაბილობა, ისევე როგორც მნიშვნელოვანია განისაზღვროს თუ რა გავლენას ახდენს ლიპიდების ტიპი მათ თერმოსტაბილობაზე. ამ მიზნით ჩვენს ექსპერიმენტებში გამოყენებულია ფოსფოლიპიდი DPPC (დიპალმიტოილფოსფატიდილ ქოლინი) ლიპიდები, რომლისაგანაც დამზადებულ იქნა ლიპოსომები. ჩატარებული იყო კალორიმეტრული ექსპერიმენტები ლიპოსომებზე, რომლის მიხედვით განისაზღვრა როგორც ლიპოსომების კონცენტრაცია, ასევე განისაზღვრა ის პირობები, რომელიც მაქსიმალურად გამოავლენდა ლიპოსომების თერმოდინამიკურ თვისებებს. ლიპოსომების დიფერენციალურ სკანირებად მიკროკალორიმეტრზე გაზომვებისთვის შეირჩა 0-150 °C ტემპერატურული ინტერვალი. DPPC ლიპოსომების სუსპენზიის კალორიმეტრული ჩანაწერი მოცემულია ნახაზ 1-ზე. რომელიც გვიჩვენებს, რომ DPPC ლიპოსომების მოწესრიგებული სტრუქტურა განიცდის სითბურ დანგრევას რამდენიმე ტემპერატურულ ინტერვალში, კერძოდ - 37°C და 42°C ტემპერატურის მახლობლობაში.



ნახაზი 1. DPPC ლიპოსომების სუსპენზიის კალორიმეტრული ჩანაწერი.  $V=2^{\circ}\text{C}/\text{წმ}$ ,  $C_{lip}=0,34\text{მგ/მლ}$

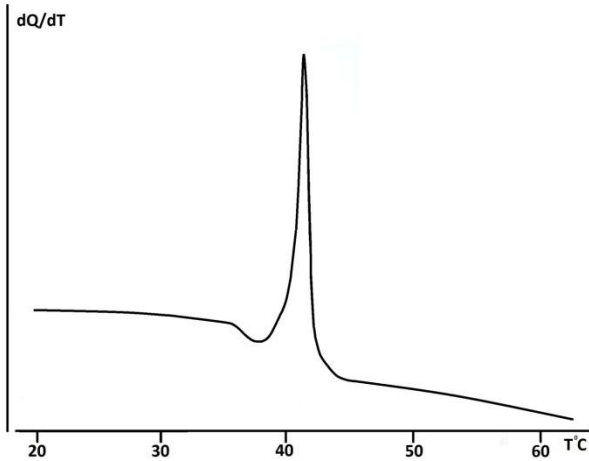
ვინაიდან წამალი შეიძლება იყოს როგორც ჰიდროფობული ასევე ჰიდროფილური ბუნების, ჩვენ ავიღეთ ორი სხვადასხვა ლიგანდი, ჰიდროფილური ბუნების C ვიტამინი და ჰიდროფობური - E ვიტამინი.

ჩვენი ადრეული კვლევების საფუძველზე, რომელიც დაკავშირებული იყო ტემპერატურის ზემოქმედებასთან DPPC ლიპოსომების სტრუქტურაზე, მიგვიყვანა დასკვნამდე, რომ

შესაძლებელია ტემპერატურის დახმარებით მოხერხდეს ლიპოსომების სტრუქტურაში ჩვენთვის სასურველი მოლეკულების ჩასმა.

ამისათვის 3 მგ DPPC ლიპიდი და 20მკლ C ვიტამინი შევურიეთ და დავასხით 2 მლ 50 გრადუსამდე გაცხელებული დისტილირებული წყალი. მიღებული ნარევის 2 წუთის განმავლობაში ინტენსიური ნჯღრევის შედეგად ნათელი გახდა, რომ მიღებული იქნა ერთგვაროვანი ლიპოსომური სუსპენზია.

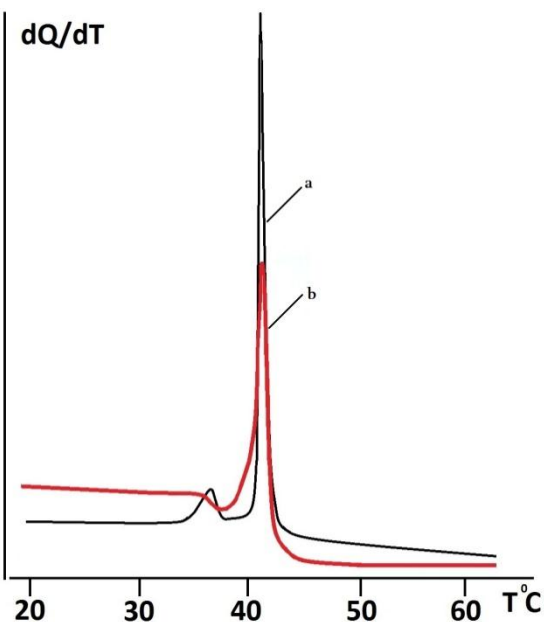
მე-2 ნახაზე მოცემულია კალორიმეტრული ექსპერიმენტი, სადაც კომპლექსური, DPPC ლიპოსომებისა და C ვიტამინის მრუდია მოყვანილი.



ნახაზი 3. DPPC ლიპოსომებში მოთავსებული C ვიტამინიანი ნანონაწილაკების კალორიმეტრული ჩანაწერი

კალორიმეტრული მრუდიდან აშკარად ჩანს, რომ წარმოიქმნა კავშირი C ვიტამინისა და ლიპოსომას შორის. ამას ადასტურებს ლიპოსომა-C ვიტამინის ნანონაწილაკებისა და სუფთა ლიპოსომების კალორიმეტრული მრუდების შედარება (იხილეთ ნახაზი-3).

კერძოდ, აშკარად ჩანს რომ განსხვავებულია C ვიტამინიანი და სუფთა ნანონაწილაკების წინა დენატურაციული კალორიმეტრული ეფექტები.



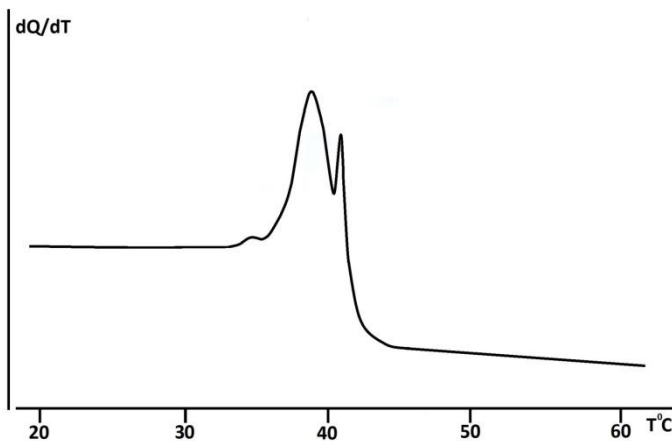
ნახაზი.3 სუფთა ლიპოსომებისა და ლიპოსომ-ვიტამინის კომპლექსის კლორიმეტრული

მრუდები:

შავი- DPPC ლიპოსომების სუსპენზიის კალორიმეტრული ჩანაწერი.

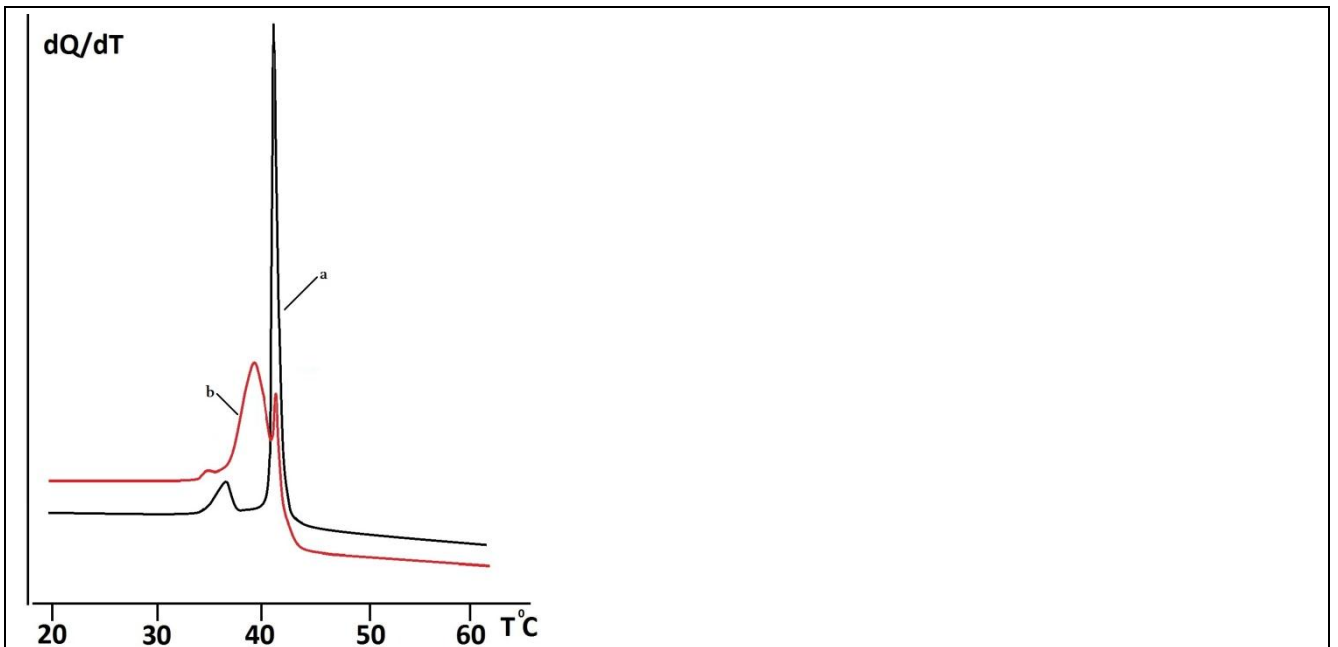
წითელი-DPPC ლიპოსომებში მოთავსებული C ვიტამინიანი ნანონაწილაკების კალორიმეტრული ჩანაწერი

როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ლიპოსომის სტრუქტურაში მოვათავსეთ ჰიდროფობური - E ვიტამინი, ამისათვის ავწონეთ 3 მგ DPPC ლიპიდი და დავამატეთ რამდენიმე მიკროლიტრი ორგანული გამხსნელი (40მკლ ეთანოლი), მიღებულ ნარევს დავამატეთ 20მკლ E ვიტამინი და დავასხით 2 მლ 50 გრადუსამდე გაცხელებული დისტილირებული წყალი. მიღებული ნარევის 2 წუთის განმავლობაში ინტენსიური ნჯღრევის შედეგად ნათელი გახდა, რომ მიღებული იქნა ერთგვაროვანი ლიპოსომური სუსპენზია. მე-4 ნახაზე მოცემულია კალორიმეტრული ექსპერიმენტი, სადაც კომპლექსური, DPPC ლიპოსომებისა და E ვიტამინის მრუდებია მოყვანილი.



ნახაზი 4. DPPC ლიპოსომებში მოთავსებული E ვიტამინიანი ნანონაწილაკების კალორიმეტრული ჩანაწერი

მიღებული მრუდებიდან ცალსახად ჩანს, რომ ადგილი აქვს E ვიტამინის ლიპოსომების სტრუქტურაში ინკორპორირების პროცესს. ეს განპირობებული უნდა იყოს E ვიტამინის ჰიდროფობურობით. კალორიმეტრული ექსპერიმენტი გვამღევეს საშუალებას დავასკვნათ, რომ E ვიტამინის მოლეკულები ლიპოსომებში არიან ინკორპორირებული, ანუ E ვიტამინი მოთავსებულია ლიპოსომების ბიშრის ჰიდროფობულ ნაწილში (იხილეთ ნახაზი 5).



ნახაზი.5. სუფთა ლიპოსომებისა და ლიპოსომ-ვიტამინის კომპლექსის კლორიმეტრული მრუდები:

შავი- DPPC ლიპოსომების სუსპენზიის კლორიმეტრული ჩანაწერი.

წითელი- DPPC ლიპოსომებში მოთავსებული E ვიტამინიანი ნანონაწილაკების კლორიმეტრული ჩანაწერი

#### მიღებული შედეგების ანალიზი

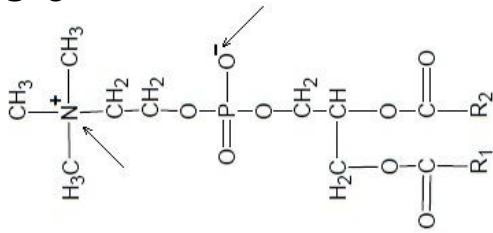
ჩვენს მიერ შემუშავებული ლიპოსომების დამზადების მეთოდოლოგიით ნამდვილად შესაძლებელია დამზადდეს ლიპოსომები, როგორც სუფთა სახით, ასევე სხვადასხვა ლიგანდების თანაობისას. კლორიმეტრული ექსპერიმენტები გვაძლევს საშუალებას დავადასტუროთ, რომ ნამდვილად მოხდა ლიპოსომების დამზადება, ვინაიდან ჩვენს მიერ მომზადებული DPPC ლიპოსომების კლორიმეტრული მრუდი მსგავსია ევაპორაციის მეთოდით დამზადებული DPPC ლიპოსომების კლორიმეტრული მრუდის. როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ ახალი მეთოდი იძლევა საშუალებას ლიპოსომის სტრუქტურაში მოთავსებული იქნეს ორი განსხვავებული ბუნების ვიტამინი, როგორც ჰიდროფობური ვიტამინი E, ასევე ჰიდროფილური ვიტამინი C. ამას ადასტურებს კლორიმეტრული ექსპერიმენტიც (იხილეთ ნახაზი 2,4).

თუ სუფთა DPPC ლიპოსომების სითბური ლღობისას მთავარ გადასვლის პიკამდე დაიმზირება შედარებით მცირე სითბოსშთანქმის პიკი (ნახ.1.), ლიპოსომის C ვიტამინთან კომპლექსის შემთხვევაში ე.წ. პრეპიკი აღარ არსებობს და მთავარ სითბოსშთანქმის პიკამდე ადგილი აქვს სითბოტევადობის ზრდის ეფექტს (იხილეთ ნახ.3.). ამავ დროს განსხვავებულია მთავარი სითბოსშთანქმის პიკების სიმაღლეები და სითბოს შთანქმის შემდგომ კუთრისითბოტევადობის ქცევა. თუ სუფთა ლიპოსომების შემთხვევაში მთავარი პიკის შემდგომ კუთრისითბოტევადობა უმნიშვნელოდ არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე კომპლექსური ლიპოსომების შემთხვევაში ეს დამოკიდებულება მკვეთრად არის გამოხატული.

როგორც ნახ.6-დან ჩანს სავარაუდო კავშირი ვიტამინ C -სა და ლიპიდის თავაკს შორის შეიძლება წარმოიქმნას ელექტროსტატიკური კავშირი ასკორბინის მჟავას ნაშთსა და ქოლინში არსებულ დადებითი მუხტის აზოტის ატომთან. თუმცა გასათვალისწინებელია



ისიც, რომ როგორც ცნობილია ქოლინის აზოტის დადებითი მუხტი ლიპიდში წარმოქმნის ვანდერვაალსის კავშირს თავაკში არსებულ ფოსფორმჟავის ჟანგბადის ატომის უარყოფით მუხტთან.



ნახ.6. ლიპიდში არსებული ქოლინის ქიმიური ფორმულა. ისრებით მითითებულია აზოტის დადებითი და ფოსფორმჟავას უარყოფითი მუხტების ადგილები.

ასკორბინის მჟავის (ვიტამინი C) ნაშთს, რომელიც წყალხსნარებში იძენს უარყოფით მუხტს შესწევს უნარი წარმოქმნას კავშირი ქოლინის აზოტის დადებით მუხტთან. ეს განპირობებული უნდა იყოს C ვიტამინის ჰიდროფილურობით. როგორც ცნობილია C ვიტამინი წყალში ხსნადი ნივთიერებაა, ამიტომ ლიპოსომების დამზადებისას ის წყალთან ერთად იმყოფება ლიპოსომების შიდა მოცულობაში.

ლიპოსომაში E ვიტამინი მოთავსებულია ლიპოსომების ბიშრის ჰიდროფობულ ნაწილში. აღნიშნული კომპლექსის წარმოქმნას ადასტურებს როგორც კალორიმეტრული, ისე ბიოლოგიური ექსპერიმენტები. კერძოდ, მიღებული კომპლექსის კალორიმეტრული მრუდი მნიშვნელოვნად არის განსხვავებული სუფთა DPPC ლიპოსომების კალორიმეტრული პიკის პროფილისაგან - ერთი კოოპერატიული სითბოს შთანთქმის პიკისაგან, რომელიც დამახასიათებელია სუფთა ლიპოსომის კალორიმეტრული მრუდისთვის (იხილეთ ნახაზი 5). ვიტამინ E-სთან კომპლექსის წარმოქმნის გამო სითბოს შთანთქმის პიკის პროფილი მნიშვნელოვნად შეიცვალა. ლიპოსომების პიკი გახდა ნაკლებად კოოპერატიული და ნაკლებად თერმოსტაბილური (მოხდა სითბოს შთანთქმის პიკის წანაცვლება დაბალი ტემპერატურისკენ).

T.Mdzinarashvili, M.Khvedelidze, E.Shekiladze, R.Machaidze "Novel technology for the fast production of complex nanoliposomes" Journal of Biological Physics and Chemistry, Vol.16/4, pp. 172-176, 2016.

2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
2	C და E ვიტამინების წამლის გადამტან ლიპოსომებში ჩასმა ახალი, ჩვენს მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიით. კალორიმეტრული კვლევები. „ბიოფიზიკა“; ბიონანოტექნოლოგია	თამაზ მძინარაშვილი, სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი;	სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის წამლის გადამტან ნანონაწილაკების განყოფილების თანამშრომლები: მარიამ ხვედელიძე, განყოფილების გამგე, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; შენგელაია ალექსანდრე, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; ქოჩორაძე გივი, უფროსი მეცნიერ მუშაკი; შეყილაძე ეკა, მეცნიერ თანამშრომელი, დოქტორანტი; ჭეიშვილი ლევანი,

			<p>მეცნიერ თანამშრომელი,                  დოქტორანტი;                  ნინო შენგელია,                  ბიოლოგიის დოქტორი,                  უფროსი მეცნიერ                  თანამშრომელი                  თამაზ მძინარაშვილი,                  ინსტიტუტის ხელმძღვანელი,                  პროფესორი, კოორდინატორი.</p>
--	--	--	--

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ზემოთ მოყვანილი ახალი ტექნოლოგიის გამოყენებით, ჩვენი პარტნიორი საარბრუკენის უნივერსიტეტის ლაბორატორიაში მოვახდინეთ სააფთიაქო ქსელში მეტად გამოყენებადი წამლების ლიპოსომებში ჩასმა და ამჟამად მიმდინარეობს მიღებულ კომპლექსური ლიპოსომების ფიზიკური მეთოდებით კვლევები. გამოყენებული წამლების ჩამონათვალი შემდეგია: 1. Tetrandrine (ალერგიის, კალციუმის უჯრედში შეტანის ბლოკატორი, ანტიმიკრობული, სიმსივნური უჯრედების (ღვიძლის) წინააღმდეგ, ვირუს ებოლას წინააღმდეგ და სხვა გამოყენებადი წამალი); 2. ანტიბიოტი Azithromycin (ჰიდროფობული ბუნების); 3. ანტიბიოტიკი Tobramycin (ჰიდროფილური ბუნების). წამლის გადამტან DPPC და DPPA ლიპიდებისგან მომზადებული იქნა კომპლექსური ლიპოსომები. გერმანიის ლაბორატორიაშივე დადასტურა ჩვენს მიერ შემუშავებული ტექნოლოგიის უპირატესობები აქამდე არსებულ ტექნოლოგიების მიმართ. იქვე გაზომილი იქნა მიღებული ნანონაწილაკების ზომები და დადგინდა მათი ზედაპირული პოტენციალები. გადაწყდა, რომ მიღებული წამლები გამოყენებული იყოს ცოცხალ ორგანიზმზე მოქმედების ეფექტურობის დადგენის მიზნით. ჩვენს ლაბორატორიაში კი გრძელდება კომპლექსური ლიპოსომების შესწავლითი კვლევები.

2.

№	შესრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
	<p>ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნის მექანიზმები. „ბიოფიზიკა“; ბიონანოტექნოლოგია</p>	<p>თამაზ მძინარაშვილი, სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის ხელმძღვანელი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი;</p>	<p>სამედიცინო და გამოყენებითი ბიოფიზიკის ინსტიტუტის წამლის გადამტანი ნანონაწილაკების განყოფილების თანამშრომლები:                  ირინე პაპუკაშვილი                  მეცნიერ მუშაკი.                  ელენე ლომაძე                  მეცნიერ მუშაკი                  მარიამ ხვედელიძე,                  განყოფილების გამგე,                  უფროსი მეცნიერ მუშაკი;                  ნინო შენგელია,                  ბიოლოგიის დოქტორი,                  უფროსი მეცნიერ                  თანამშრომელი                  თამაზ მძინარაშვილი,                  ინსტიტუტის ხელმძღვანელი,                  პროფესორი, კოორდინატორი.</p>

დასრულებული პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ბაქტერიულ ბიოფილმებთან ბრძოლა 21-ე საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი პრობლემაა. მრავალი პათოგენური ბაქტერიები ბიოფილმების წარმოქმნით იცავენ თავს ანტიბიოტიკების მოქმედებისგან, რის გამოც ხშირ შემთხვევაში მედიკამენტური მკურნალობა ან არაეფექტურია ან გაჭიმულია დროში. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ტიპის ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნის მექანიზმები და ზოგადად ბიოფილმების ფიზიკო-ბიოლოგიური თვისებები თითქმის ერთმანეთის ანალოგიურია. ამის გამო განხორციელდა ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნის მექანიზმების კვლევა ფიზიკური მეთოდების გამოყენებით.

კვლევებში გამოყენებულია სრულიად ახალი მიდგომა ბაქტერიული ბიოფილმების შესწავლისათვის, თანაც ეს კვლევა იძლევა ინფორმაციას ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნის პროცესების მიმდინარეობის შესახებ. ამ ტიპის ექსპერიმენტებით შესაძლებელია - თუ რა განაპირობებს, როგორ მიმდინარეობს, რა სიჩქარით ხდება ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნა, რაც მეტად მნიშვნელოვანია. როგორც მიღებული კვლევებიდან ირკვევა თსუ ბიოფიზიკის კათედრაზე არსებულ როტაციულ მიკროვისკოზიმეტრს, თავისი მოქმედების პრინციპიდან გამომდინარე თავისუფლად შეუძლია განსაზღვროს საკვებ არეში ბაქტერიების გამრავლების პროცესის თუ რომელ ეტაპზე იწყება ბაქტერიული ბიოფილმების წარმოქმნა. მიკროვისკოზიმეტრულ ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნა ორ განსხვავებულ ტიპის ბაქტერიები - *E.coli* და *Pseudomonas Aeruginosa*. აღსანიშნავია, რომ განსხვავებით *E.coli*-საგან, *Pseudomonas Aurogenosa* ბაქტერია გაცილებით სწრაფად და ეფექტურად წარმოქმნის ბიოფილმს, რასაც ჩატარებული ექსპერიმენტებიც ადასტურებს. ბიოფილმების წარმოქმნის პროცესებზე დასამზერად გამოყენებულია მოდერინიზირებული, ავტომატური ზიმ-კროზერსის მიკროვისკოზიმეტრი რაც ემყარება ხელსაწყოს შემადგენლობაში არსებული ხსნარის ზედაპირული დაჭიმულობა. ვისკოზიმეტრის როტორი არის საკვლევ ხსნარში ჩამოკიდებული. ზედაპირული დაჭიმულობის არეს თვისებებზე არის დამოკიდებული თუ როგორ იტრიალებს როტორი სტატორში. ამიტომაც თუ მოხდება ბაქტერიების მიერ ბიოფილმების წარმოქმნა შეიცვლება ხელსაწყოში არსებულ ზედაპირული დაჭიმულობის ფიზიკური თვისებები, რაც აისახება გაზომილ სიბლანტის მნიშვნელობაში. როგორც ჩატარებული ექსპერიმენტებიდან ჩანს, სადაც მონაწილეობდნენ *E.coli* და *Pseudomonas Aeruginosa* - ს ბაქტერიები ნათლად გამოჩნდა, რომ ბიოფილმების დაახლოებით 3 საათში ბაქტერიაა *Pseudomonas Aeruginosa*-ამ წარმოქმნა ბიოფილმი (სიბლანტე გაიზარდა), მაშინ როცა *E.coli* -ს ბაქტერიებისთვის იგივე დროში არავითარი სიბლანტის ცვლილებას, ანუ ბიოფილმების წარმოქმნას ადგილი არ ქონია.

ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა ნათლად აჩვენეს, რომ წარმოდგენილი ზიმ-კროზერსის ვისკოზიმეტრი გამოდგება ბაქტერიული ბიოფილმების მექანიკური თვისებების შესასწავლათაც. თანაც ამას ისიც ემატა, რომ ხელსაწყო იძლევა საშუალებას ბიოფილმების წარმოქმნის პროცესს დავაკვირდეთ უწყვეტ დროით რეჟიმში. ამით კი იმის გაგებაა შესაძლებელი თუ როგორ ხდება ბიოფილმების წარმოქმნა (გაჩენა), რაც მეტად მნიშვნელოვანია.

ჩატარებული ექსპერიმენტებიდან ასევე მინდა ავლნიშნო, რომ *Pseudomonas aeruginosa* - ის მიერ ბიოფილმების წარმოქმნა ზიმ-კროზერსის ვისკოზიმეტრში მთავრდება მოძრავი როტორის გაჩერებით, ანუ თითქოს სუსპენზიის სიბლანტე გაიზარდა უსასრულოდ. ასევე საინტერესოა, რომ თუ ამის შემდეგ მექანიკურად საინექციო ნემსით დაზიანებული იქნება ბიოფილმების მთლიანობა, როტორი უძრავი მდგომარეობიდან გადადის სწრაფად მოძრავ

მდგომარეობასი, ანუ სუსპენზიის სიბლანტე უბრუნდება მის საწყის მნიშვნელობას. ავლიწნავთ, რომ ბიოფილმების წარმოქმნა/დაშლის პროცესზე ფიზიკური მეთოდების გამოყენებით დამზერა ჯერჯერობით მსოფლიოს არც ერთ ლაბორატორიულ ცენტრებში არ მომხდარა და წარმოდგენილი ექსპერიმენტები ამ მხრივ არის უნიკალური. დასკვნის სახით მინდა ითქვას, რომ დაწყებული კვლევები ამჟამადც მიმდინარეობს. ჩვენი ჯგუფის მიერ გამოქვეყნებულია ბიოფილმების კვლევებიზე ერთი ნაშრომი.

3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (ეხება როგორც უმაღლეს საგანმანათლებლო დაწესებულებებს, ისე მასთან არსებულ დამოუკიდებელ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სსიპ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებს)

№	პროექტის დასახე- ლება მეცნიერების დარგისა და სამეც- ნიერო მიმართულე- ბის მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
1		3	4	5

4.

2	პროექტის დასახე- ლება მეცნიერების დარგისა და სამეც- ნიერო მიმართულე- ბის მითითებით	დამფინანსებელი ორგანიზაცია	პროექტის ხელმძღვანელი	პროექტის შემსრულებლები
გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

1. პუბლიკაციები (საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

ა) საქართველოში  
მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურნალის/კრებულის ნომერი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2 3	Papukashvili I, Lomadze E, Mdzinarashvili T.	The Action of Bacteriophages and $\beta$ -Lactam Antibiotic on <i>P. aeruginosa</i> Biofilm Formation. (2016). vol. 10, no. 1	BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES	საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა	6

## II. 2. პუბლიკაციები:

ბ) უცხოეთში  
მონოგრაფიები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის სათაური	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				

## სტატიები

№	ავტორი/	სტატიის სათაური,	ჟურნალის/კრებულის	გამოცემის	გვერდების
---	---------	------------------	-------------------	-----------	-----------

	ავტორები	ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ნომერი	ადგილი, გამომცემლობა	რაოდენობა
1 2 3	T.Mdzinarashvili, M.Khvedelidze, E.Shekiladze and R.Machaidze	Novel Technology for Fast Producing of Complex Nanoliposomes	Journal of Biological Physics and Chemistry (JBPC);	Collegium Basilea Basel and Association of Modern Scientific Investigation Tbilisi ISSN 1512-0856	6

### 1. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

(სახელმწიფო ბიუჯეტით და/ან შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული კვლევითი პროექტის თემატიკის ფარგლებში)

#### ა) საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			

#### ბ) უცხოეთში

#	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			