

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება
 ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის არაწრფივი მოვლენების ფიზიკის კათედრა

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის მითითებით

არჩილ უგულავა - პროფესორი,
 რამაზ ხომერიკი, - ასოცირებული პროფესორი,
 სიმონ ჩხაიძე-ასისტენტ-პროფესორი,
 ზაზა ტოკლიკიშვილი - ასისტენტ-პროფესორი,
 რომან აბრამიშვილი-დოქტორანტი,
 გიორგი მჭედლიშვილი - მოწვეული მასწავლებელი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი			

ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	დინამიკა და თერმოდინამიკა მაგნიტურ ნაწილაკოვან სისტემებში #04/01	2016-2019	რამაზ ხომერიკი, ლაშა ტყემელაშვილი (თეორიული კვლევები)
2	ბარიერული ტიპის ტალღამტარული სისტემების და წრედების შექმნა მიკრო და მილიმეტრული დიაპაზონის ხელსაწყოებისათვის # 216662	2016-2018	რამაზ ხომერიკი (თეორია), ვახტანგ ჯანდიერი, გიორგი მილოშვეიჩი (სიმულაციები)

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1. 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.

2. 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, 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 ვკმნით 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.

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	სოლიტონური გადართვები ფოტონურ და მულტიფეროიკულ ნანოსტრუქტურებში #FR/25/6-100/14	2015-2018	რამაზ ხომერიკი, არჩილ უგულავა, სიმონ ჩხაიძე (თეორია), ვახტანგ ჯანდიერი (სიმულაციები)
2	სოლიტონური ტრანსპორტი მაგნიტურ ნანონაწილაკოვან სისტემებში #04/24 მიმართულება: 1. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებანი ქვე-მიმართულება: 1.3 ფიზიკური მეცნიერებანი	2016-2018	რამაზ ხომერიკი (თეორია, სიმულაციები)
<p>დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p> <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. ნაჩვენებია, რომ სოლიტონის ტუნელირების მახასიათებლები არაწრფივ რეჟიმში მკვეთრად და დამოკიდებული 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 არაპარამონიული ჯაჭვის შორსკმედ 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 დავამთხვეთ ანალიზური შედეგები რიცხვით სიმულაციებს შესაბამის მოდელზე.</p>			

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის
---	--	--	---

	მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა		მითითებით)
1	ლოგიკური გეიტების განხორციელება ფოტონურ კრისტალურ და მულტიფეროიკულ ნანოსტრუქტურებში # STCU-2016-03 უკრაინის მეცნიერების და ტექნოლოგიების ფონდი, უკრაინა	2017-2019	რამაზ ხომერიკი, არჩილ უგულავა, ზაზა ტოკლიკიშვილი, ვახტანგ ჯანდიერი, სიმონ ჩხაიძე, კობა ხუციშვილი, გიორგი მჭედლიშვილი, თორნიკე ონოფრიშვილი
<p>აღნიშნულ პროექტში ჩვენ პირველად ვთავაზობთ არაწრფივ ბმულ ფოტონურ-კრისტალურ ტალღამტარების სისტემას როგორც რეალისტურ მოდელს ლოგიკური გეიტების შესაქმნელად. ლოგიკური გეიტები წარმოადგენენ ახალი თაობის ოპტიკური კომპიუტერის ერთ-ერთ მთავარ მამოძრავებელ ელემენტს, რომელთა საშუალებითაც ხდება სინგალის გადაცემა ციფრულ წრედებში. აღნიშნულ პროექტში ჩვენ ვაპირებთ ჩავატაროთ დეტალური თეორიული და რიცხვითი ანალიზი რამოდენიმე ბმული ფოტონურ-კრისტალური ტალღამტარის სისტემისათვის, როგორც ოპტიკური გეიტების რეალისტური მოდელისათვის. ფოტონურ-კრისტალური სტრუქტურის მნიშვნელოვანი თვისება არის ის, რომ იგი საშუალებას გვაძლევს წარმატებით მოვახდინოთ სხვადასხვა ოპტიკური ხელსაწყოების ინტეგრირება მხოლოდ ერთ ჩიპში, რაც საგრძნობლად ამცირებს წარმოების ხარჯებს.</p>			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					
3					

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

1	G. N. B. Chendjou, J. P. Nguenang, A. Trombettoni, T. Dauxois, R. Khomeriki, S. Ruffo (2018)	“Fermi-Pasta-Ulam chains with harmonic and anharmonic long-range interactions”, https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2018.01.006	Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simulat. 60 , 115.	Elsevier	6
2	Vakhtang Jandieri, Ramaz Khomeriki, and Daniel Erni	“Realization of true all-optical AND logic gate based on nonlinear coupled air-hole type photonic crystal waveguides” https://doi.org/10.1364/OE.26.019845	Optics Express Vol. 26, Issue 16, pp. 19845-19853	OSA, USA	8
3	L.Chotorlishvili, P.Zieba, I.Tralle, A.Ugulava	Zitterbewegung and symmetry switching in Klein’s four-group doi.org/10.1088/1751-8121/aa9a2c	Journal of Physics A. Mathematical and Theoretical. Vol.51,No 3, (2018), 035004, (14pp	IOP publishing	14
4	L. Chotorlishvili, X.-G. Wang, Z. Toklikishvili, J. Berakdar	Thermoelastic enhancement of the magnonic spin Seebeck effect in thin films and bulk samples DOI: 10.1103/PhysRevB.97.144409	PHYSICAL REVIEW B 97 , 144409 (2018)	USA American Physical Society	13
5	A. Ugulava, S. Chkhaidze, G. Mchedlishvili, R. Abramishvili.	Interpolation formula of magnetic nanofluids magnetization. (მიღებულია დასაბუქდად).	Nano Studies. International Journal of Nanosciences and Nanotechnologies, 2018	თბილისი, საქართველო	

6			GESJ: Physics, 2018, (მიღებული ა დასაბეჭდა დ).	თბილისი, საქართველო	
<p>ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p> <p>1. ნაჩვენებია, რომ სოლიტონის ტუნელირების მახასიათებლები არაწრფივ რეჟიმში მკვეთრად დადამოკიდებული სოლიტონის ამპლიტუდაზე. ტუნელირების თეორიის ეს მიდგომა დადასტურებულია სოლიტონურ ჯაჭვებზე პირდაპირი რიცხვითი სიმულაციების მეშვეობით.</p> <p>2. 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>3. როგორც ცნობილია, „კანკალის“ ტიპის მოძრაობა (zitterbewegung) წარმოადგენს რელატივისტური ელექტრონ-პოზიტრონული წყვილისა ან/და ელექტრონულ-ხვრელური წყვილის (ვიწრო ღრეჩოს მქონე ნახევარგამტარში) სწრაფ ოსცილაციურ მოძრაობას. წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ მოვახდინეთ zitterbewegung-ის კონცეფციის დაკავშირება სისტემის სიმეტრიის ცვლილებასთან. ამ მოვლენის ილუსტრაცია ჩვენ მოვახდინეთ კვანტური მათემატიკური საქანის მაგალითზე, რომელიც ხასიათდება კლეინის ოთხთა-ჯგუფის სიმეტრიით და, რომელსაც, თავის მხრივ, სამი ინვარიანტული ქვეჯგუფი გააჩნია. მისი შესაბამისი ენერგეტიკული სპექტრი დამოკიდებულია პოტენციური ბარიერის ენერგეტიკულ სიმაღლეზე, შეიცავს რა გადაგვარებულ და გადაუგვარებელ არეებს. ბარიერის სიმაღლის ცვლილება იწვევს სიმეტრიის ცვლილებას, ხოლო ის თავის მხრივ იწვევს „კანკალის“ ტიპის მოძრაობას. ჩვენ გამოვთვალეთ მოძრაობის სიჩქარის საშუალო კვადრატული ფლუქტუაცია, შევისწავლეთ რხევითი მოძრაობის სპეციფიური თვისებები დიდი კვანტური რიცხვების შემთხვევაში. ვაცვენეთ, რომ მიღებული შედეგები განუზღვრელობათათვის აკმაყოფილებენ ჰაიზენბერგის თანაფარდობას.</p> <p>4. არერთგვაროვანმა ტემპერატურის პროფილმა შეიძლება წარმოქმნას სუფთა სპინური დენი მაგნიტურ ნიმუშებში, როგორც ეს დამზერილია სპინურ ზეებეკის ეფექტში. დამატებით სითბურმა დეფორმაციებმა შეიძლება შეცვალოს სპინური დენი. ნაშრომში წარმოდგენილია მაგნონური სპინური ზეებეკის თეორია სითბურად აქტივირებულ მაგნიტოელასტიკური ეფექტების გათვალისწინებით. მიღებულია თერმულად აქტივირებული დეფორმაციის ტენზორის გამოსახულება. ეს შედეგები ჩვენ მივიღეთ სამგანზომილებიანი ნიმუშებისთვის და თხელი მაგნიტური ორგანზომილებიანი ფირებისათვის. წანაცვლების ვექტორი და დეფორმაციის ტენზორი სამგანზომილებიან შემთხვევაში ასიმპტოტურად იცვლება როგორც $u \propto \frac{1}{R^2}$ და $v \propto \frac{1}{R^3}$, ხოლო თხელ მაგნიტურ ფირებში როგორც $u \propto \frac{1}{R}$, $v \propto \frac{1}{R^2}$. თერმოელასტურმა დეფორმაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მაგნონურ სპექტრში ღრეჩოს</p>					

შემცირება, რაც თავის მხრივ იწვევს მაგნონების რიცხვის გაზრდას, რომლებიც მომაწილებენ სპინურ ზეებეკის ეფექტში.

5. სუპერპარამაგნეტიზმი არის დამაგნიტების ფორმა, რომელიც დამახასიათებელია ფერო და ფერიმაგნიტური ნაწილაკებისათვის, თუ მათი ზომა იმდენად მცირეა, რომ ისინი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთდომენიანი ნაწილაკები, როცა მათი დამაგნიტება მთელს მოცულობაში ერთნაირია.

თუ სუპერპარამაგნეტიკში შემავალი ნანონაწილაკები მიღებულია იოლი დამაგნიტების ღერძის მქონე ფერომაგნეტიკის ნანოსტრუქტურით, მაშინ ნანონაწილაკებსაც ექნებათ დამაგნიტების იოლი ღერძი, რომელსაც ანიზოტროპიის ღერძსაც უწოდებენ. ასეთი ნანონაწილაკების ანიზოტროპიის ენერგიას აქვს სახე

$$H_A(\theta) = A \sin^2 \theta, \quad (1)$$

სადაც A - ანიზოტროპიის კონსტანტაა, θ - კუთხეა მაგნიტურ მომენტსა და ანიზოტროპიის ღერძს შორის, $A = KV_m$, $m = |m| = M_s V_m$, K და M_s - შესაბამის სიდიდეთა სიმკვრივეებია, $V_m = \frac{f}{6} d_m^3$ - ცენტრალური მაგნიტური სფეროს მოცულობა, d_m - მაწილაკის "მაგმიტური დიამეტრი". ანიზოტროპიის ენერგიის არსებობამ შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს სუპერპარამაგნეტიკების მაგნიტურ თვისებებზე და ნანოსითხის დამაგნიტების პროცესზე.

როგორც ვიცით, პარამაგნიტური ნაწილაკების "იდეალური აირის" დამაგნიტება, რომელთაც არ აქვთ მაგნიტური ანიზოტროპიის ენერგია კარგად აღიწერება ლანჟევენის კლასიკური თეორიით:

$$M = N\mu L(B\mu / kT), \quad (2)$$

სადაც $L(x) = \coth x - 1/x$ - ლანჟევენის ფუნქციაა, N - ნაწილაკთა რიცხვი მოცულობის ერთეულში, μ - მაგნიტური მომენტი, k - ბოლცმანის მუდმივა.

ქაოსური ანიზოტროპიის ღერძების მქონე ნანონაწილაკთა სისტემის დამაგნიტება

მაგნიტურ ველში მაგნიტური ნანონაწილაკის ენერგია

$$H(\theta, \psi) = A \sin^2 \theta - E \cos(\theta - \psi), \quad E = mB, \quad A > 0, \quad (3)$$

სადაც ψ კუთხეა ანიზოტროპიის ღერძსა და მაგნიტური ველის მიმართულებას შორის. პირველი შესაკრები აქ გამოსახავს ანიზოტროპიის ენერგიას, ხოლო მეორე ურთიერთქმედების ენერგიას მაგნიტურ ველსა და მაგნიტურ მომენტს შორის.

ცნობილია, რომ ფხვნილოვან სუპერპარამაგნეტიკებში მაგნიტური ანიზოტროპია არ მოქმედებს დამაგნიტების პროცესზე (С. П. Губин, Ю. А. Кокшаров, Г. Б. Хомутов и др., Успехи химии 74, 539 (2005)). ამ ფაქტის ასახსნელად ჩვენს ერთ-ერთ შრომაში (А. И. Угулава, С. Г. Чхаидзе, З. Г. Ростомашвили, ФММ, 118(4), 352 (2017)) გათვალისწინებულ იქნა, რომ

განსახილველი სისტემის ენერგია დამოკიდებულია ორ კუთხურ ცვლადზე θ და ψ . ამ ცვლადების შემთხვევითობა განპირობებულია სხვადასხვა წყაროებით - ანიზოტროპიის ღერძების თავდაპირველი ქაოსურობით (კუთხე ψ) და სითბური ფლუქტუაციებით (კუთხე θ). ამაზე დაყრდნობით და დამაგნიტების საშუალო მნიშვნელობის გამოთვლის სტანდარტული მეთოდის გამოყენებით (როგორცაა ერთნაწილაკოვანი და მრავალნაწილაკოვანი სტატისტიკური ინტეგრალები, თავისუფალი ენერგია და სხვა) მივიღეთ სუპერპარამაგნეტიკის საშუალო დამაგნიტება

$$M = -\frac{\partial F_L}{\partial B} = NmL(b). \quad (4)$$

აქედან დასკვნა, რომ ანიზოტროპიის ღერძისა და მაგნიტური მომენტის ბრუნვის შემთხვევითი ხასიათი საკმარისი პირობაა იმისათვის რომ დამაგნიტება ხდებოდეს ლანჟევენის თეორიის მიხედვით. მაშასადამე, ლანჟევენის თეორია სამართლიანია იმ შემთხვევაშიც, როცა სისტემა შედგება ანიზოტროპიული ნაწილაკებისაგან, მაგრამ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ანიზოტროპიის ღერძები ინარჩუნებენ ქაოსურობას დამაგნიტების მთელი დროის განმავლობაში, როგორც ამას ადგილი აქვს ფხვნილოვან სუპერპარამაგნეტიკებისათვის. ასეთი "გაყინული" ქაოსური მდგომარეობა ხორციელდება იმიტომ, რომ ნაწილაკებს შორის არსებობს ხახუნის ძალები.

ნაწილაკთა სისტემის დამაგნიტება მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში

მაგნიტური ნაწილაკების შემთხვევაში ნაწილაკთა სისტემა აღარ არის "გაყინული" და ნაწილაკებს შეუძლიათ თავისუფლად ბრუნვა. შლიომისმა (М. И. Шлиомис, УФН 112, 3, 427 (1974) აჩვენა, რომ საკმაოდ ძლიერ მაგნიტურ ველში მაგნიტურ ნაწილაკებში მყარდება ე.წ. მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობა, რომლის დროსაც ყველა ნაწილაკის ღერძი მიმართულია ველის გასწვრივ ($\psi = 0$). ამრიგად ნაწილაკების დამაგნიტებისას ჩნდება განსაკუთრებული სიტუაცია: დამაგნიტების დასაწყისში ნაწილაკების ღერძები მიმართულია ქაოსურად, ხოლო დასასრულს კი ისინი პოლარიზებული არიან. ანიზოტროპიის ღერძების თანდათანობითი პოლარიზაციის გათვალისწინებაა სწორედ ამ ჩვენი ამოცანის ძირითადი მიზანი.

თუ $\psi = 0$, მაშინ ცხადია, რომ ჰამილტონიანს აქვს სახე:

$$H_f(\theta) = H(\theta, 0) = A \sin^2 \theta - E \cos \theta. \quad (5)$$

ისევე როგორც წინა შემთხვევაში დამაგნიტების შესასწავლად აქაც ვიყენებთ დამაგნიტების საშუალო მნიშვნელობის გამოთვლის სტანდარტულ მეთოდს და მაგნიტური პოლარიზაციისათვის $P_f = M/Nm$ ვღებულობთ:

$$P_f(a, b) = -\frac{b}{2a} + \frac{1}{2\sqrt{a}} \frac{2 \cdot \operatorname{sh} b}{e^b D(\sqrt{a} + b/2\sqrt{a}) + e^{-b} D(\sqrt{a} - b/2\sqrt{a})}. \quad (6)$$

მიღებული გამოსახულების ანალიზისათვის განვიხილოთ ზღვრული შემთხვევები. დოუსონის ფუნქციის ასიმპტოტური გაშლის გამოყენებით $D(x \gg 1) \approx \frac{1}{2x} + \dots$, ამ

გამოსახულებიდან ვღებულობთ:

1. დაბალტემპერატურულ მიახლოებაში (ძლიერი ველები $b \gg 1$)

$$P_f(a \gg b, b \gg 1) = 1, \quad (7)$$

რაც შეესაბამება დამაგნიტების ნაჯერ მდგომარეობას.

2. მაღალტემპერატურულ მიახლოებაში (სუსტი ველები $b \ll 1$)

$$P_f(a, b \ll 1) = \left[-\frac{1}{2a} + \frac{1}{2\sqrt{aD}(\sqrt{a})} \right] b \quad (8)$$

და 3. ღრმა ორმოს შემთხვევაში ($a \gg 1$)

$$P_f(a \gg 1, b) \equiv P_h(b) = \tanh b. \quad (9)$$

ამ ბოლო შედეგს აქვს მარტივი ფიზიკური ინტერპრეტაცია. როცა $a \gg 1$, მაშინ ნანონაწილაკები "შეზოჭილნი" არიან ორ პოტენციურ ორმოში ენერჯის მინიმუმების მახლობლად. ჩნდება ანალოგია ორდონიან კვანტურ სისტემებთან, რომელშიც როგორც ცნობილია დონეთა დასახლების სხვაობა განისაზღვრება ჰიპერბოლური ტანგენსით.

მაგნიტური ნანოსითხის ორკომპონენტური მოდელი და დამაგნიტების ინტერპოლაციური ფორმულა

მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში სისტემა შეიძლება იყოს მხოლოდ ძლიერ მაგნიტურ ველში. ნებისმიერი ველის შემთხვევაში შეიძლება დავუშვათ, რომ მაგნიტური სითხე შედგება ორი ნაწილისაგან (ორ თერმოდინამიკურ ქვესისტემისაგან), რომელთაგან ერთი შედგება ნაწილაკებისაგან ქაოსურად მიმართული ღერძებით, ხოლო მეორე ნაწილაკებისაგან, ორიენტირებული ღერძებით. პოლარიზაციის პროცესში მაგნიტური ველის მდოვრე ცვლილება იწვევს ნაწილაკების რიცხვის ცვლილებას ქვესისტემებში. ველის მოცემული მნიშვნელობისათვის ნაწილაკთა წონასწორული რიცხვი ქვესისტემებში მიიღწევა ქვესისტემათა პარციალური პოტენციალების ტოლობით

$$\tilde{\mu}_D = \tilde{\mu}_B, \quad (10)$$

სადაც

$$\tilde{\mu}_D = \frac{\partial F_D}{\partial N_D}, \quad \tilde{\mu}_B = \frac{\partial F_B}{\partial N_B}, \quad F_{D,B} = -kT \ln Z_{D,B}$$

$F_{D,B}$ - ქვესისტემების თავისუფალი ენერჯიაა, $Z_{D,B}$ - სტატისტიკური ინტეგრალები, N_B - ქაოსურად მიმართული, ხოლო N_D - მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში მყოფი ნაწილაკების რიცხვი ქვესისტემებში. დამაგნიტება ქვესისტემებში ხდება სხვადასხვა კანონით. ქაოსურად ორიენტირებული ნაწილაკები ემორჩილებიან ლანჟევენის თეორიას, ხოლო მექანიკური ანიზოტროპიის მდგომარეობაში მყოფი ნაწილაკები კი მაგნიტდებიან (6)-ს შესაბამისად. მაგნიტური ველის ცვლილებით იცვლება ნაწილაკთა რაოდენობა

ქვესისტემებში, მაგრამ მათი საერთო რაოდენობა არ იცვლება $N = N_D + N_B$. ყოველივე ზემოდ თქმულის გათვალისწინებით ნაპოვნია თანაფარდობა:

$$\frac{N_{D,B}}{N} = \frac{z_{D,B}}{z_D + z_B}. \quad (11)$$

ახლა უნდა ავაგოთ ინტერპოლაციური ფორმულა, რომელმაც უნდა მოგვცეს მაგნიტური ნანოსითხის დამაგნიტრბის სწორი შედეგები ორივე ზღვრულ შემთხვევაში. ცხადია, რომ ეს არ არის ცალსახა ამოცანა, მაგრამ გავითვალისწინოთ ისიც, რომ სწორად აგებულმა ინტერპოლაციურმა ფორმულამ სწორად უნდა აღწეროს დამაგნიტების მთელი პროცესი როგორც ხარისხობრივად ისე რიცხობრივად. ორკომპონენტიან მოდელებზე დაყრდნობით მაგნიტური პოლარიზაციისათვის შედგენილ იქნა ასეთი ფორმულა:

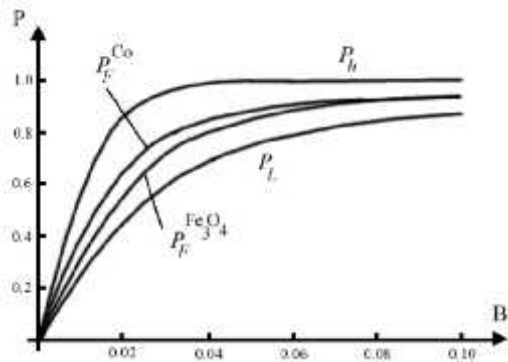
$$P_F(a,b) = \frac{N_B(a,b)}{N} L(b) + \frac{N_D(a,b)}{N} P_f(a,b). \quad (12)$$

სადაც

$$N_B(a,b) = N \frac{z_A(a) z_L(b)}{z_A(a) z_L(b) + z_D(a,b)},$$

$$N_D(a,b) = N \frac{z_D(a,b)}{z_A(a) z_L(b) + z_D(a,b)}. \quad (13)$$

ცხადი სახით ჩაწერილი ინტერპოლაციური ფორმულა (13)-ს გათვალისწინებით ძალიან მოუხერხებელია და აქ არ არის მოყვანილი. მოვიყვანთ მხოლოდ მის გრაფიკს. შედარებისათვის აქვე მოცემულია სხვა დამაგნიტების მრუდები, რომლებიც ხშირად გვხვდება პრაქტიკაში:



ნახ.1. მაგნიტური პოლარიზაციის მრუდები $P_L = L(b)$, P_f , P_F , და P_h , აგებული (13), (17), (19) და (22) ფორმულების მიხედვით მაგნეტიტისათვის Fe_3O_4 ($d_m = 11 \text{ nm}$, $a = 8.1$, $b = 78B$) და კობალტისათვის Co ($d_m = 7 \text{ nm}$, $a = 20$, $b = 64B$). $T = 300K$.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მაგნეტიტისა $P_F^{Fe_3O_4}$ და კობალტის P_F^{Co} ბაზაზე დამზადებული მაგნიტური ნანოსითხეების დამაგნიტების მრუდები მდებარეობენ ლანჟევენის P_L და ჰიპერბოლური ტანგენსის P_h მრუდებს შორის.

კიურის კანონი მაგნიტური ნანონაწილაკებისათვის

სუსტი ველების მიახლოებაში ($b \ll 1$) (8), (9), (16) და (23) გამოსახულებების საფუძველზე ნაწილაკთა რაოდენობისათვის ვლებულობთ:

$$N_B(a, b \ll 1) = N_D(a, b \ll 1) = 1/2.$$

მაშინ ინტერპოლაციური ფორმულიდან (22) და (18)-დან ვლებულობთ

$$P_F(a, b \ll 1) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{2\sqrt{aD}(\sqrt{a})} \right) b. \quad (24)$$

(24)-დან გამოდის, რომ ნანოსითხის კიურის კონსტანტის (რომელიც განისაზღვრება გამოსახულებიდან $M = tCB$) როლს ასრულებს $C^* = tC$, სადაც

$$C = \frac{m^2 N}{3kT} \quad (25)$$

- ლანჟევენის თეორიის კიურის კონსტანტაა. ხოლო

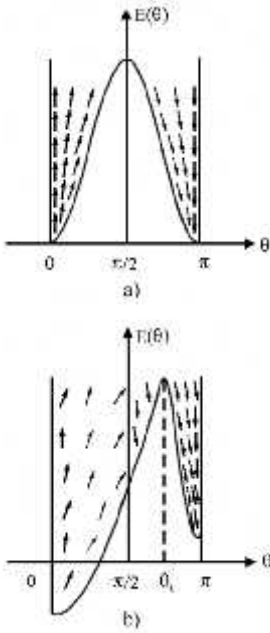
$$t = \frac{1}{2} - \frac{3}{2} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{\sqrt{aD}(\sqrt{a})} \right) \quad (26)$$

- ორკომპონენტური მოდელის ინტერპოლაციური ფორმულიდან და ლანჟევენის თეორიიდან მიღებული კიურის კონსტანტების ფარდობა. როგორც (19)-დან ჩანს, t -ს მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა როცა $a \gg 1$ და უდსრის $t_{\max} = 3$, ხოლო მინიმალური ტოლია $t_{\min} = 1$. ამრიგად, ანიზოტროპიის ენერჯიის არსებობას მივყავართ კიურის კონსტანტის ცვლილებამდე.

t კოეფიციენტის როლი შეიძლება გამომჟღავნდეს შემდეგ ექსპერიმენტულ სიტუაციაში. დავუშვათ, რომ გვაქვს ფხვნილოვანი სუპერპარამაგნეტიკი, რომლის დამაგნიტებაც ხდება ლანჟევენის თეორიის მიხედვით, ხოლო კიურის კონსტანტას აქვს (25) სახე. მაშინ კოეფიციენტი $t = C^*/C$ გვიჩვენებს თუ რამდენჯერ იზრდება ფხვნილოვანი სუპერპარამაგნეტიკის კიურის ტემპერატურა, როცა მას ვასხამთ სითხეს და ის გადადის მაგნიტურ ნანოსითხეში.

6. ნანონაწილაკთა მაგნიტური ანიზოტროპიის ენერჯია შეიძლება წარმოვიდგინოთ სიმეტრიულად განლაგებული ორი პოტენციური ორმოს სახით, მაგნიტური ველის არარსებობის დროს, ნაწილაკები თანაბრად ნაწილდებიან ორმოებში და ორიენტირებული არიან საპირისპირო მიმართულებით. ფხვნილოვან ნიმუშებში, ბლოკირების ტემპერატურის ზევით, სხვადასხვა ორმოს ნაწილაკებს შორის ხდება ბარიერისზედა გადასვლები და შეიძლება წარმოიქმნას სუპერპარამაგნიტური მდგომარეობა, ხოლო ამ ტემპერატურის ქვევით ნაწილაკები "ბლოკირებული" არიან ორმოებში და ინარჩუნებენ ნაწილაკების თანაბარ განაწილებას ორმოებს შორის. მაგნიტურ ველში პოტენციური ორმოების კონტურები კარგავენ სიმეტრიულობას. წაინაცვლებს როგორც ბარიერის მდებარეობა, ასევე

ორმოების ფსკერი ერთმანეთის მიმართ. ბარიერის მარჯვნივ წანაცვლებისას,



მარცხენა ორმოში ჩნდება რაღაც არე ველის საწინააღმდეგოდ მიმართული ნაწილაკებისთვისაც, რომელიც შეივსება ამავე ორმოს ნაწილაკებით. შედეგად, მაგნიტური ველის ჩართვა იწვევს დამაგნიტებულობის შემცირებას. რაც შეეხება მარჯვენა ორმოს, ის ვიწროვდება და ამიტომ ნაწილაკები პერიფერიული არეებიდან გადადიან მარჯვენა ორმოს ცენტრისაკენ. ამ პროცესს მივყავართ მარჯვენა ორმოს უარყოფითი დამაგნიტებულობის ზრდამდე. ფხვნილოვანი ნიმუშების დამაგნიტების პროცესის შესწავლამ აჩვენა, რომ ბლოკირების ტემპერატურის ქვემოთ ხდება კიურის კოეფიციენტის დაახლოებით 0.66-ჯერ შემცირება მის ჩვეულებრივ მნიშვნელობასთან შედარებით, რომელიც მიიღება ლანჟუვენის თეორიით, ხოლო სუპერპარამაგნიტურ მდგომარეობაში გადასვლის დროს ბლოკირების ტემპერატურის ზევით, ხდება მისი დაახლოებით სამმაგი ზრდა.

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	არჩილ უგულავა	ნანონაწილაკების დამაგნიტებულობის პროცესის თავისებურებანი ბლოკირების ტემპერატურის ქვემოთ	12-15 თებერვალი 2018 წელი თსუ მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო

2	სიმონ ჩხაიძე	მაგნიტური ნანოსითხის დამაგნიტების ინტერპოლაციური ფორმულა	მეცნიერებებში
3	ზაზა ტოკლიკიშვილი	ორი სამდონიანი ატომის გადაბმულობის დინამიკა ნანომექანიკური რეზონატორის საშუალებით	
4	A. Ugulava, S. Chkhaidze, G. Mchedlishvili, R. Abramishvili.	Interpolation formula of magnetic nanofluids magnetization.	5th International Conference “Nanotechnologies” November 19 – 22, 2018, Tbilisi, Georgia (Nano – 2018).

1. ნანონაწილაკების მაგნიტური ანიზოტროპიის ენერჯია ქმნის სიმეტრიულად განლაგებულ ორ პოტენციურ ორმოს. მაგნიტური ველის არარსებობის დროს, ნაწილაკები თანაბრად ნაწილდებიან ორმოებში და ორიენტირებულნი არიან ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ. ფხვნილოვან ნაერთებში, ბლოკირების ტემპერატურის ზემოთ, სხვადასხვა ორმოში მყოფ ნაწილაკებს შორის ხდება ბარიერსზედა გადასვლები და შეიძლება წარმოიქმნას სუპერმაგნიტური მდგომარეობა, ხოლო ამ ტემპერატურის ქვემოთ ნაწილაკები "ბლოკირებული" არიან ორმოებში და თანაბრად არიან განაწილებული მათში. მაგნიტურ ველში პოტენციური ორმოების კონტურები კარგავენ სიმეტრიულობას - წინაცვლებს როგორც თვითონ ბარიერი, ასევე ორმოები ერთმანეთის მიმართ. ბარიერის მარჯვნივ წინაცვლებისას მარცხენა ორმოში, რომელშიც ჩვეულებრივ ხვდებიან ველის მიმართულებით ორიენტირებული ნანონაწილაკები, ჩნდება რაღაც არე საწინააღმდეგო ორიენტაციის ნანონაწილაკებისთვისაც ამავე ორმოდან. საბოლოოდ მაგნიტური ველის ჩართვა იწვევს დამაგნიტების შემცირებას და არა მის ზრდას, როგორც ეს ჩვეულებრივ ხდება. მარჯვენა ორმო (რომელშიც ველის არარსებობის დროს ხვდებიან ველის საწინააღმდეგოდ ორიენტირებული ნაწილაკები) ვიწროვდება და ამიტომ ნანონაწილაკები პერიფერიული არიდან გადაადგილდებიან ამ ორმოს ცენტრისაკენ. ეს თავის მხრივ იწვევს მარჯვენა ორმოს ნაწილაკების უარყოფითი დამაგნიტების ზრდას. საბოლოოდ, ორივე ორმოდან ჩნდება ჯამური დამაგნიტება მიმართული ველის საწინააღმდეგოდ, რაც ტოლფასია კიურის უარყოფითი კონსტანტის გაჩენისა.

2. მაგნიტური ნანონაწილაკები ხასიათდებიან ორი ვექტორული სიდიდით - დამაგნიტების ღერძით და მაგნიტური მომენტით. სუსტი ველის მიახლოებაში დამაგნიტების პროცესის დასაწყისში) მაგნიტური ნანოსითხის ნაწილაკთა ანიზოტროპიის ღერძები მიმართულია ქაოსურად, ხოლო ძლიერი ველების შემთხვევაში ისინი პოლარიზებულნი არიან მაგნიტური ველის მიმართულებით მექანიკური ანიზოტროპია). პირველ ზღვრულ შემთხვევაში სისტემა მაგნიტდება ლანჯევენის მრუდის მიხედვით, ხოლო მეორე შემთხვევაში დამაგნიტების მრუდს განსხვავებული ფორმა აქვს, რომელიც ახლოსაა ჰიპერბოლურ ტანგენსთან. გარდამავალი პროცესის შესასწავლად ამ ორ ზღვრულ შემთხვევას შორის, ჩვენ გამოვიყენეთ ინტერპოლაციური თეორია, რომელიც უნდა ითვალისწინებდეს ნანონაწილაკთა ღერძების პოლარიზაციის თანდათანობით ზრდას დამაგნიტების პროცესში. ამ ნაშრომის ძირითადი იდეაა გარდამავალ პროცესში მყოფი მაგნიტური ნანოსითხის წარმოდგენა ორი მაგნიტოთერმოდინამი - კურ ქვესისტემად ნაწილაკთა ცვლადი რიცხვით (ორკომპონენტურიანი მოდელი): 1.) ნანონაწილაკთა ქვესისტემა ქაოსურად მიმართული ღერძებით და 2) ქვესისტემა ორიენტირებული ღერძებით. დამაგნიტების პროცესში ხდება გადასვლები პირველი ქვესისტემიდან მეორეში, ანუ ქაოსური ნაწილაკების რაოდენობის შემცირება და ორიენტირებულის გაზრდა. ქვესისტემებს შორის წონასწორობის პირობად შუალედური მაგნიტური ველებისათვის ითვლება პარციალური პოტენციალების ტოლობა. ამ მოდელის ფარგლებში მიღებულია მაგნიტური სითხის დამაგნიტების ინტერპოლაციური ფორმულა. ნაჩვენებია, რომ ინტერპოლაციური თეორიის დამაგნიტების მრუდი მდებარეობს ორ ცნობილ მრუდს შორის - ლანჯევენის მრუდსა და ჰიპერბოლური ტანგენსს შორის. ინტერპოლაციური ფორმულით გამოთვლილი კიურის კონსტანტა მაგნიტური ნანოსითხისათვის სიდიდით აღემატება თავის ჩვეულებრივ მნიშვნელობას, გამოთვლილს ლანჯევენის თეორიით.

3. ჩვენ ვსწავლობთ ორი სამდონიანი ატომის (აზოტი-ვაკანსიის დეფექტი ალმასის კრისტალში) გადაბმულობის დროში ევოლუციას. ეს ორი სამდონიანი ატომი ერთმანეთთან არის დაკავშირებული ორსიხშირიანი ნანომექანიკური რეზონატორის საშუალებით. დავთვალეთ რა უარყოფითობა როგორც გადაბმულობის ზომა,

ვნახეთ რომ ორ სპინს შორის გადაბმულობა განიცდის ოსცილაციებს დროში და შეიძლება მისი მანიპულირება სისტემის პარამეტრების ცვლილებით. დროში ევოლუციას ადგილი აქვს გადაბმულობის პერიოდულად ჩახშობას და შემდეგ კვლავ აღდგენას. იმისათვის რომ შეგვესწავლა კვანტური დეკორეცია ჩვენ გამოვიყენეთ ლინდბადის კინეტიკური განტოლება სიმკვრივის მატრიცისათვის. მიუხედავად ამოცანის სირთულისა, მოდელი ანალიზურად იხსნება გარკვეული დაშვებების გათვალისწინებით. ამ ამონახსნების საშუალებით შესწავლილია კვანტური დეკორეცის გავლენა გადაბმულობის დინამიკაზე

6. 2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
2			
3			

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება
ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება

თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ფიზიკის
დეპარტამენტი, ასტროფიზიკის კათედრა

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის
მითითებით

ნანა შათაშვილი, პროფესორი, ასტროფიზიკის კათედრის გამგე

ალექსანდრე თევზაძე (თსუ ასოც. პროფესორი)

ელენე უჩავა (თსუ დოქტორანტი)

ირაკლი ჯოხაძე (თსუ მაგისტრანტი)

მარიამ გოგილაშვილი (თსუ მაგისტრანტი აგვისტოს ჩათვლით)

ბექა მოდრეკილაძე (თსუ მაგისტრანტი აგვისტოს ჩათვლით)

ქეთევან კოტორაშვილი (თსუ სტუდენტი ბაკალავრიატში /
მაგისტრანტი სექტემბრიდან)

მარიამ ქავთარაძე (თსუ სტუდენტი ბაკალავრიატში / მაგისტრანტი
სექტემბრიდან)

გიორგი მეშველიანი (თსუ სტუდენტი ბაკალავრიატში /
მაგისტრანტი სექტემბრიდან)

თეონა გოცირიძე (თსუ სტუდენტი ბაკალავრიატში / მაგისტრანტი
სექტემბრიდან)

ნინო რევაზაშვილი (თსუ სტუდენტი ბაკალავრიატში)

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1.1.1	დისკი-ჯეტის უნივერსალური მოდელი ფიზიკა - ასტროფიზიკა	2016 - 2020	ნ. შათაშვილი, ა. თევზაძე ი. ჯოხაძე მ. გოგილაშვილი ბ. მოდრეკილაძე
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
<p>(1) შესწავლილია ჰიდროდინამიკური დისკი-ჯეტის სტრუქტურის ფორმირების ამოცანა ახალგაზრდა ვარსკვლავური ობიექტებისათვის (YSOs) ანალიზურ ბელტრამი-ბერბულის მოდელზე დაყრდნობით, რომელშიც გამოყებულია საკურა-სუნიავის ტურბულენტური სიბლანტის მიახლოება როგორც დისკის აკრეციის ძირითადი მიზეზი. ამისათვის ვიხილავთ სტაციონარულ ტურბულენტურ მდგომარეობას რომელიც კვლავს აკრეციის პროცესს და იწვევს კოლიმირებულ ჭავლურ გარედინებას. ამისათვის გამოვიყენეთ განზოგადოებული ტურბულენტურის სიბლანტის მოდელი. ამონახსნის მოძიება მოხერხდა ანალიზურად. ჩვენ მოვიძიეთ ამონახსნების სხვადასხვა კლასები, რომლებიც შეესაბამებიან სხვადასხვა ნიშნის ბელტრამის პარამეტრებს - მოიცავენ ციკლონურ და ანტიციკლონურ დინების გრიგალებს. ანალიზური ამონახსნების გამოყენება შესაძლებელია ახალგაზრდა ვარსკვლავების ჰიდროდინამიკური ჯეტების სხვადასხვა ფიზიკური მახასიათებლების ასახსნელად და დასაკავშირებლად ჯეტის ამოფრქვევის არეალის პარამეტრებთან. გაგზავნილია სტატია გამოსაქვეყნებლად ჟურნალში MNRAS:</p> <p>E. Arshilava, M. Gogilashvili, V. Loladze, I. Jokhadze, B. Modrekiladze, N.I. Shatashvili, A.G. Tevzadze. Formation of Hydrodynamic Jets from Protostellar Accretion Disks with Turbulent Viscosity, Monthly Not. Roy. Ast. Soc. (submitted).</p> <p>(2) გაკეთებულია წინასწარი კვლევები იონიზებული დისკი-ჯეტის სტრუქტურის ფორმირებისათვის და ნაჩვენებია, რომ მაგნიტური ველი ხელს უწყობს კოლიმაციას. ასევე განხილულია სუსტი რელატივიზმის მქონე დისკის შემთხვევა. 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 კვაზი-კვლერული დისკის შესაბამისი სიბლანტის, ასევე რელისტური ტურბულენტური სიბლანტის დისკის შემთხვევები. იგეგმება ერთიანი მოდელის აგება და ილუსტრირება თხელი იონიზებული რელატივისტური ასტროფიზიკური დისკების ჯეტისა და ქარების ფორმირების ამოცანისათვის მომზადებულია სტატია გამოსაქვეყნებლად გასაგზავნად:</p> <p>M. Gogilashvili, I. Jokhadze, V. Loladze, N.I. Shatashvili, A.G. Tevzadze. Two-fluid MHD Description of Jets from Accretion Disks of YSOs, Phys. Plasmas (to be submitted in 2018).</p>			

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1,1,2	დინების დინამიკა და გრიგალური და წონასწორული მოვლენები მრავალკომპონენტური ასტროფიზიკურ პლაზმებში ფიზიკა - ასტროფიზიკა	2015-2020	ნ. შათაშვილი ა. თევზაძე, ი. ჯოხაძე ქ. კოტორაშვილი ნ. რევაზაშვილი
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
<p>(1) თსუ-ს სტუდენტთა საგრანტო დაფინანსების პროექტის „დიდ-მასშტაბიანი სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერაცია/გამლიერება ვარსკვლავთა ატმოსფეროებში“ ფარგლებში განხორციელდა კვლევები მაგნიტო-სითხური ბმისას ორსითხოვან (გადაგვარებული ელექტრონების/პოზიტრონების და კლასიკური იონების) პლაზმაში სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერაცია/აჩქარების შესწავლაზე შებრუნებული დინამოს მექანიზმით. ამისთვის ჩავწერეთ შესაბამისი დინამიური განტოლებები [მუხტის შენახვა, ნივთიერების შენახვა, იმპულსის შენახვა, მდგომარეობის განტოლება]; ფონურ მდგომარეობად განვიხილეთ ბელტრამი-ბერნულის წონასწორულ მდგომარეობები ორი (მრავალი) სითხისათვის და მოვიძიეთ დიდ-მასშტაბიანი მაგნიტური და სიჩქარის ველების გენერაციის/გამლიერების პირობები როგორც ელექტრონულ-იონურ პლაზმაში გადაგვარებული ელექტრონებით, ასევე ელექტრონულ-პოზიტრონულ (მცირე იონების მინარევით ან მათ გარეშე) გადაგვარებულ პლაზმაში ფონური ორმაგი ბელტრამის წონასწორობების მცირე შემფოთების შემთხვევაში. პროექტის ფარგლებში დამუშავდა 2 ქვე-ამოცანა: (1.1) დიდ-მასშტაბიანი სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერაცია/გამლიერება ვარსკვლავთა ატმოსფეროში გადაგვარებული ელექტრონებით; (1.2) დიდ-მასშტაბიანი სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერაცია/გამლიერება კომპაქტური ობიექტის გარე შრეში გადაგვარებული ელექტრონ-პოზიტრონული გაზით.</p> <p>დაწყებულია მუშაობა სამეცნიერო სტატიის გაფორმებაზე (K. Kotorashvili, N. Revazashvili, N. Shatashvili. Flow and Magnetic Field Generation in Degenerate Compact Object Atmospheres Due to Reverse Dynamo Mechanism), რომელშიც თეორიულ მოდელთან ერთად წარმოდგენილი იქნება ჩვენს მიერ მიღებული შედეგების შედარება რეალურ ობიექტებთან, მოცემული იქნება მაილუსტრირებული რიცხვითი თვლების შედეგები, ამისათვის მიმდინარეობს ინტენსიური მუშაობა.</p> <p>ქეთევან კოტორაშვილმა გააკეთა მოხსენება „შებრუნებული დინამოს მექანიზმი კომპაქტური ობიექტების გადაგვარებულ ელექტრონულ-იონურ გარე-შრეში“ თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50</p> <p>ნინო რევაზაშვილმა გააკეთა მოხსენება „შებრუნებული დინამო კომპაქტური ობიექტების გადაგვარებულ ელექტრონულ-პოზიტრონულ გარე შრეში“ თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50</p>			

კომპაქტური ობიექტების/ვარსკვლავების რელატივისტური ორ-სითხოვანი გადაგვარებული ელექტრონ-პოზიტრონული მაგნიტოსფეროებისათვის აგებულ თეორიულ მოდელში გადაგვარებული რელატივისტური სითხის განტოლებებში ვითვალისწინებთ გრავიტაციულ და ბრუნვით ეფექტებს. ერთიანი ველი აგებულ იქნა მაქსველის ველის ტენზორისა და დინების ტენზორის საშუალებით გათვალისწინებულია გრავიტაციული მრუდი სივრცე-დროითი ეფექტები. მოხერხებული 3+1 დეკომპოზიციის საშუალებით გამოვიყენეთ აღნიშნული გადაგვარებული სითხის ფორმალიზმი სისტემის გრიგალური დინამიკის გამოსაკვლევად და გამოვიყვანეთ. რელატივისტური ბელტრამის პირობები ასეთი სისტემებისათვის, ასევე ბერნულის პირობა და ამპერის კანონი; ჩაწერეთ განტოლებები სფერულ კოორდინატებში და ავაგეთ კოდი რიცხვითი თვლების განსახორციელებლად.

მზადდება სტატია გამოსაქვეყნებლად:

Jokhadze, N.L. Shatashvili, A.G. Tevzadze, S.M. Mahajan. Fast Outflow generation in Compact Objects' Outer Layers with degenerate relativistic electron-positron plasma. MNRAS (in preparation).

ნანა შათაშვილიმა გააკეთა მოხსენება საერთაშორისო კონფერენცია-ლონისძიებაზე „გაერთიანებული ICTP-IAEA -ის კოლეჯი პლაზმის ფიზიკაში (29.10 - 9.11 2018, აბდუს სალამის თეორიული ფიზიკის საერთაშორისო ცენტრი, ტრიესტი, იტალია)“ **Large-Scale Flow and Structure Formation in Stellar Atmospheres – II - დიდ-მასშტაბიანი დინებებისა და სტრუქტურების ფორმირება ვარსკვლავთა ატმოსფეროებში - II.**

<http://indico.ictp.it/event/8335/other-view?view=ictp timetable>

ირაკლი ჯოხაძემ გააკეთა მოხსენება და პოსტერი საერთაშორისო კონფერენცია-ლონისძიებაზე „გაერთიანებული ICTP-IAEA -ის კოლეჯი პლაზმის ფიზიკაში (29.10 - 9.11 2018, აბდუს სალამის თეორიული ფიზიკის საერთაშორისო ცენტრი, ტრიესტი, იტალია)“ **Large Scale Structure Formation in Pulsar Degenerate Relativistic Outer Layer - დიდ-მასშტაბიანი სტრუქტურების ფორმირება პულსარის გადაგვარებულ რელატივისტურ გარე-შრეში -** <http://indico.ictp.it/event/8335/other-view?view=ictp timetable>

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიითითებით)
1.1.3	მაგნიტო-ჰიდროდინამიკური ბმები და რხევები ვარსკვლავების ატმოსფეროში ფიზიკა-ასტროფიზიკა	2015-2020	ნ. შათაშვილი ა. თევზაძე ე. უჩავა ქ. კოტორაშვილი მ. ქავთარაძე გ. მეშველიანი ნ. რევაზაშვილი
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
(1) შემოთავაზებულია ერთიანი მოდელი მზის ატმოსფეროში ჩაკეტილი ცხელი სტრუქტურების ერთდროული ფორმირებისა და გაცხელებისა 2-სითხოვან პლაზმურ დინებებზე დამყარებით. მოდელი გაფართოვდა ნეიტრალების - მესამე სითხის ჩართვით რაც უფრო რეალისტურია მზის ატმოსფეროს შემთხვევისათვის. მოძიებულია სხვადასხვა წონასწორული სტრუქტურების არსებობის პირობები და შედარებულია რეალურ ასტროფიზიკურ პირობებთან.			
მოდელის დეტალები მოხსენიებულ იქნება კონფერენციებზე:			
ნანა შათაშვილიმა გააკეთა მოხსენება საერთაშორისო კონფერენცია-ლონისძიებაზე „გაერთიანებული ICTP-IAEA -ის კოლეჯი პლაზმის ფიზიკაში (29.10 - 9.11 2018, აბდუს სალამის თეორიული ფიზიკის საერთაშორისო ცენტრი, ტრიესტი, იტალია)“ Large-Scale Flow and Structure Formation in Stellar Atmospheres – I - დიდ-მასშტაბიანი დინებებისა და სტრუქტურების ფორმირება ვარსკვლავთა ატმოსფეროებში - I.			
http://indico.ictp.it/event/8335/other-view?view=ictp timetable			

მარიამ ქავთარაძემ გააკეთა მოხსენება „მაგნიტური მარყუჟების გაცხელება/ფორმირება მზის ატმოსფეროში ნაწილობრივ იონიზირებული აირის ეფექტების გათვალისწინებით“ **თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018** <http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50>

გიორგი მეშველიანმა გააკეთა მოხსენება „წონასწორული ჩაკეტილი სტრუქტურების ფორმირება მზის ატმოსფეროში ნაწილობრივ იონიზირებული აირის ეფექტების გათვალისწინებით“ **თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018** <http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50>

(2) ჩატარდა კვლევები წონასწორული სტრუქტურების მოძიებაზე ასტროფიზიკურ პირობებში მაგნიტოჰიდროდინამიკური ბმების მოდელის გამოყენებით. განხილულია სპეციური სიტუაციები როდესაც ცხელი რელატივისტური დინება ურთიერთქმედებს ცივ გადაგვარებულ გაზთან. ნაჩვენებია, რომ რელატივიზმის ორი სხვადასხვა ბუნების ერთდროულად არსებობა გაერთიანებულ სისტემაში იწვევს ახალი მიკრო-მასშტაბების ფორმირებას და ამ მასშტაბების ასე ვთქვათ პაექრობას - იმის მიხედვით, თუ ლოკალურად რომელი რელატივიზმია ძლიერი გვექნება ენერგიების ტრანსფორმაციების სხვადასხვა სცენარი რაც საბოლოოდ გამოიწვევს ტრანზიენტული ჯეტებისა და დიდ-მასშტაბიანი მაგნიტური ველების ფორმირებას.

მზადდება სტატია გამოსაქვეყნებლად: **N.L. Shatashvili, S.M. Mahajan, V.I. Berezhiani. On the Relaxed States in the Mixture of Degenerate and Relativistically Hot Plasmas of Astrophysical Objects. *Astrophys. Space Sci.* (in preparation)**

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1.1.4	კოსმოსური მაგნიტური ველების და ტურბულენტობის მოდელირება ფიზიკა - ასტროფიზიკა	2016-2020	ალექსანდრე თევზაძე

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ადრეულ სამყაროში მაგნიტური ველის ევოლუციის თვისებები დამოკიდებულია კოსმოსური ტურბულენტობის თვისებებზე. ტურბულენტობის თვისებების შესასწავლად სხვადასხვა საწყისი პირობების შემთხვევაში გამოვიყენეთ პირდაპირი რიცხვითი მოდელირების კოდი Pencil-ის მაგნიტოჰიდროდინამიკური მოდელი. აღმოჩნდა, რომ სამყაროს გაფართოების თანმყოფ სისტემაში კონფორმული დროზე გადასვლის შემდეგ რელატივისტური მკვდრე განტოლებები დიდი სიზუსტით შეიძლება დავიყვანოთ კლასიკურ მკვდრე ფორმაზე. შესაბამისად ადრეული სამყაროს თვისებების კვლევა შესაძლებელი ხდება მაღალი გარჩევის სამგანზომილებიანი მკვდრე რიცხვითი მოდელირებების საშუალებით. ნაჩვენებია ადრეულ სამყაროში სარკული სიმეტრიის დარღვევის ზეგავლენა მაგნიტური ველის თვისებებზე. რიცხვითად შესავლილია მაგნიტური დინამო ეფექტი, რომელსაც იწვევს მაგნიტო-კირალური არამდგრადობა. როგორც ჩანს საწყისი კირალობის ენერგია მთლიანად გადადის მაგნიტური სპირალობის ენერგიაში, რაც გადაწყვეტს როლს ასრულებს ტურბულენტობის შემდგომ განვითარებაში. რიცხვითი მოდელირებით ნაჩვენებია სპირალური ტურბულენტობის მიღების ტემპი გაფართოებად სამყაროში. ნაჩვენებია, რომ სულ მცირე საწყისი სპირალობაც კი იზრდება გაფართოების პროცესში და აღწევს მაქსიმალურ შესაძლო მნიშვნელობას. სპირალური ტურბულენტობის მიღება მნიშვნელოვნად ნელდება

ტოპოლოგიური ინვარიანტის შენახვის თვისების გამო, რაც იწვევს გაცილებით დიდმასშტაბოვან რელიქტურ მაგნიტურ ველებს დღევანდელ დღეს.

პუბლიკაციები გაგზავნილია გამოსაქვეყნებლად:

Brandenburg, A., Kahnishvili, T., Mandal, S., Roper Pol, A., **Tevzadze, A.**, Vachaspati, T., *“The dynamo effect in decaying helical turbulence”*, Physical Review Fluids (submitted)

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1.1.5	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	მაგნიტური ველები სამყაროში: წარმოშობა, ევოლუცია და დაკვირვებითი გამოვლინებები FR/264/6-350/14	2015-2018	ალექსანდრე თევზაძე (თანამონაწილე ორგანიზაციის მხრიდან, თსუ)

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

პროექტი მიზნად ისახავდა დიდმასშტაბოვანი მაგნიტური ველების შესწავლას სამყაროში. ამოცანები მოიცავდნენ მაგნიტური ველის გენერაციას ადრეულ სამყაროში, მაგნიტური ველის ევოლუციას სხვადასხვა კოსმოსურ ეპოქებში, მათ შორის ფაზური გადასვლების დროს, და უკანასკნელ ეტაპს, როდესაც სამყარო ფართოვდება ადიაბატურად. ამ ამოცანების ამოსახსნელად შესწავლილია დამაგნიტებელი ტურბულენტობის ევოლუცია ადრეული სამყაროდან დღევანდელ დღემდე, როდესაც მაგნიტური ველი დაიკვირვება გალაქტიკურ მასშტაბებზე. ნაჩვენებია, რომ ტურბულენტობის მილევა მნიშვნელოვანი ფაქტორია კოსმოსური მაგნიტური ველის ევოლუციისას, რომლის აღწერა მარტივი ადიაბატური გაფართოების საშუალებით არ არის გამართლებული. გამოთვლილია მაგნიტური ველის შეზღუდვები, რომლებიც ედება ინფლაციისას ან მოგვიანებით კვანტურ-ქრომოდინამიკური ან ელექტროსუსტი ფაზური გადასვლისას გაჩენილ მაგნიტურ ველს. მკვდ დინებების პირდაპირი რიცხვითი მოდელირების საშუალებით ნაპოვნია ტურბულენტობის ევოლუციის ახალი რეჟიმები. ნაჩვენებია, რომ არასპირალურ ტურბულენტობაში შესაძლებელია დაიკვირვებოდეს ენერჯის შებრუნებული სპექტრალური გადატანა: ეფექტი, რომელიც ჩვეულებრივ დაიკვირვება სპირალურ დინებებში. ნაჩვენებია მაგნიტოგენეზის დროს

საწყისი პირობების მნიშვნელობა: არის თუ არა ტურბულენტობა მაგნიტურად დომინირებული ან თუ დაიკვირვება არანულოვანი კირალობა. ნაჩვენებია, რომ შესაძლებელია ინფლაციის ეპოქის ხანგრძლივობის შეფასება დღეს არსებული რელიქტურ მაგნიტურ ველზე დაკვირვებით.

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	<p>სტრუქტურების ფორმირება და დიდ-მასშტაბიანი ველების გენერაცია გამოწვეული მაგნიტო-სითხური ბმებით ასტროფიზიკურ პლაზმებსა და სითხეებში</p> <p>1 -საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები</p> <p>1.3 ფიზიკის მეცნიერებები - სითხე აირებისა და პლაზმის ფიზიკა</p> <p>1.3 ფიზიკის მეცნიერებები - ასტრონომია (ასტროფიზიკა)</p> <p>FR17_391</p>	19/12/2017 – 18/12/2020	<p>ნანა შათაშვილი - პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი</p> <p>ვაჟა ბერეჟიანი - პროექტის კოორდინატორი</p> <p>ლუკა პონიატოვსკი - პროექტის ძირითადი პერსონალი (ახალგაზრდა მეცნიერი)</p> <p>ირაკლი ჯოხაძე - პროექტის ძირითადი პერსონალი (ახალგაზრდა მეცნიერი)</p>

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

პროექტი შედგება 3 ძირითადი ამოცანისაგან, რომლებზეც კვლევისას მიღწეულია შემდეგი:

1. დიდ-მასშტაბიანი ველების / სტრუქტურების ფორმირება მაგნიტო-სითხური ბმებით ასტროფიზიკურ გარემოებში.:
 - 1.1 განხორციელდა გაერთიანებული თეორიის აგება რეგულარული გრიგალური სტრუქტურების ფორმირებისათვის მაგნიტო-სითხური ბმებით ასტროფიზიკურ პლაზმებში. განხორციელდა ამონახსნების აგება რეგულარული / ლოკალიზებული სტრუქტურების ფორმირებისათვის და გაცხელებისათვის პლაზმებში.
 - 1.2. გაერთიანებული თეორიის აგება რეგულარული გრიგალური სტრუქტურების ფორმირებისათვის მაგნიტო-სითხური ბმებით ასტროფიზიკურ სითხეებში. განხორციელდა ასტროფიზიკური დინებით გამოწვეული რეგულარული / ლოკალიზებული სტრუქტურებისათვის ამონახსნების აგება.
 - 1.3. ნაპოვნია პირობები ლოკალიზებული სტრუქტურების ფორმირების ამოცანისათვის. განხორციელდა საჩვენებელი მაგალითების აგება ფორმირებისა და გაცხელებისათვის - გამოყენებანი ასტროფიზიკურ ობიექტებში.
2. დინებით ინდუცირებული გრიგალობისა და ტალღების ბმების მოვლენები მრავალ-კომპონენტთან

- პლაზმებში:
- 2.1 განხორციელდა ანალიზური მიდგომების განვითარება დინებით გამოწვეული გრიგალობისა და ტალღური ბმების მოვლენების შესასწავლად მრავალ-სითხოვან პლაზმებში. განხორციელდა მათემატიკური მიდგომების განვითარება მიღებული განტოლებების ამოსახსნელად.
 - 2.2 მოხერხდა განტოლებათა სისტემის აგება. მოხერხდა ამონახსნების პოვნა
 - 2.3 ამონახსნების საპოვნელად შემუშავდა გამარტივებული მიდგომები. განხორციელდა საჩვენებელი მაგალითების მოყვანა ასტროფიზიკური პირობებისათვის.
3. ვარსკვლავთა გარე შრეების და ატმოსფეროების მრავალ-მასშტაბიანი დინამიკა.
- 3.1 განხორციელდა ვარსკვლავთა ატმოსფეროების კორონების მრავალ-მასშტაბიანი არე-ების გლობალური დინამიკის აღწერისათვის მოდელის შემუშავება გრიგალური დინების არსებობისას - აჩქარებისა და გაცხელების ამოცანებისათვის ნაპოვნია პირობები. განხორციელდა ვარსკვლავთა ატმოსფეროების კორონების მრავალ-მასშტაბიანი არეების გლობალური დინამიკის აღწერა გრიგალური დინების არსებობისას დისიპაციური ეფექტებისა და სხვადასხვა მასშტაბიანი სტრუქტურების ახლომახლო არსებობის გამო.
 - 3.2 განხორციელდა შესაბამისი განტოლებათა სისტემის აგება. განხორციელდა აჩქარებისა და გაცხელების ურთიერთდაკავშირებული მოვლენების შესწავლა.
 - 3.3 დაიწყო გამოთვლები გამარტივებული მიდგომების შესამუშებლად. დაწყებულია გარედინებების გაქცევის არხების ფორმირების შესწავლა.

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	V.I. Berezhiani, N.L. Shatashvili	Vortical Structures in Multi-Component Fluids and Plasmas	იბეჭდება	
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4. 2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				

3			
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					
3					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					
3					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელ- წოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, დიגיტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					
3					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ნანა შათაშვილი, ალექსანდრე ბარნაველი	დინების გენერირების / აჩქარების მექანიზმი მკვრივ გადაგვარებულ ვარსკვლავთა ატმოსფეროებში	თსუ მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.ens-2018.tsu.ge/lecture/view/984

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

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 მაგნიტო-სითხური ბმების გამო. მანძილი, რომელზეც ადგილი აქვს მნიშვნელოვან აჩქარებას, განისაზღვრება გრავიტაციის სიძლიერითა და გადაგვარების პარამეტრით. გამოკვლეულია 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 მივყავართ ტრანზიენტული ჯეტების ფორმირებამდე, მაშინ როდესაც მაგნიტური ველის გაძლიერება ნაკლებად მკვეთრია. მოცემულ ნაშრომში ჩვენ განვავრცეთ [1,2] სტატიების კვლევები და, სისტემატური რიცხვითი ექსპერიმენტების საშუალებით ვაჩვენეთ, რომ გადაგვარების ეფექტები მნიშვნელოვანია სპეციფიური კლასის ვარსკვლავთა მკვრივი ატმოსფეროების/გარე შრის დინამიკისათვის, განსაკუთრებით მათში სტრუქტურების ფორმირების მოვლენებისათვის - ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ კომპაქტური ობიექტების ევოლუციის შესწავლისას დინების ეფექტების იგნორირება არ შეიძლება, რადგანაც მათი კატასტროფული გენერირება ზედაპირთან ახლოს შესაძლებელია აღმოჩნდეს განმსაზღვრელი ვარსკვლავთა და მათი ატმოსფეროების შემდგომი ევოლუციისათვის.

ლიტერატურა [1] V. I. Berezhiani, N. L. Shatashvili, S. M. Mahajan, Phys. Plasmas 22, 022902 (2015).

[2] N. I. Shatashvili, S. M. Mahajan, V. I. Berezhiani, Astrophys. Space Sci. 361, 70 (2016).

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
2	ქეთევან კოტორაშვილი	შებრუნებული დინამოს მექანიზმი კომპაქტური ობიექტების გადაგვარებულ ელექტრონულ-იონურ გარე-შრეში	თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)
 ნაშრომში განხილულია მაგნიტო-სითხური ზმის დროს ორსითხოვან (გადაგვარებული ელექტრონების და კლასიკური იონების) პლაზმაში მსხვილ-მასშტაბიანი სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერაცია/აჩქარების შესწავლა შებრუნებული დინამოს მექანიზმით. ამისთვის ჩვენ ჩავწერეთ შესაბამისი დინამიური განტოლებები [მუხტის შენახვა, ნივთიერების შენახვა, იმპულსის შენახვა, მდგომარეობის განტოლება. ფონურ მდგომარეობად განვიხილეთ ბელტრამი-ბერნულის წონასწორული მდგომარეობები ორი სითხისათვის გადაგვარებული ელექტრონებით. ეს ამოცანა განვიხილეთ კომპაქტური ობიექტის გარე შრისთვის (თეთრი ჯუჯის ატმოსფეროსათვის), გავითვალისწინეთ კლასიკური გრავიტაცია, რაც გამართლებულია თეთრი ჯუჯა ვარსკვლავის შემთხვევაში. იმის გამო, რომ კომპაქტური ობიექტისათვის ბერნულისა და ბელტრამის პირობები განსხვავდება კლასიკური შემთხვევისაგან სწორედ დიდი სიმკვრივით მოდიფიცირებული (გადაგვარებული) ეფექტური მასის გამო ელექტრონული სითხისათვის გავითვალისწინეთ სიმკვრივის არაერთგვაროვნება. ჩავწერეთ ჩაკეტილი განტოლებები შებრუნებული დინამოსთვის და ბერნულის პირობაში გავითვალისწინეთ გადაგვარების ეფექტები. აგებული მოდელის მეშვეობით შევისწვლეთ კომპაქტური ობიექტების გარე შრეში / ატმოსფეროში სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერირება/გაძლიერება. სამომავლოდ ვგეგმავთ რიცხვით თვლებს და მიღებული შედეგების შედარებას წონასწორული ანალიზის შედეგებთან.

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
3	ნინო რევაზაშვილი	შებრუნებული დინამო კომპაქტური ობიექტების გადაგვარებულ ელექტრონულ-	თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო

		პოზიტრონულ გარე შრეში	მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
<p>თუ გადაგვარებულ წყვილ-იონურ დამუხტულ სითხეში გვაქვს განსხვავება რაღაც მახასიათებლით: მაგალითად მასით ან მუხტით, ასეთ შემთხვევაში შეიძლება გაჩნდნენ მრავალ მასშტაბიანი სტრუქტურები, რომელსაც ვხვდებით ასტროფიზიკურ პირობებში; e-p სითხეში გადაგვარების გამო გაჩენილ ეფექტურ მასას, შეუძლია სკინ სიღრმე გახადოს უფრო დიდი ვიდრე სტანდარტულ შემთხვევებში, მასშტაბთა განცალკევება უბიძგებს სითხეს უჩვეულო სტრუქტურების ფორმირებისკენ და იძლევა ენერჯიათა გარდაქმნის ახალ საშუალებას. ნაშრომში შევისწავლით ასეთი სტრუქტურების მიკრო-მასშტაბური ველების ენერჯიიდან მაკრო-მასშტაბური ველების ენეგეზად გარდაქმნას შებრუნებული დინამოთი და გადაგვარების ეფექტების გათვალისწინებით. ჩაწერილია აღმწერი განტოლებები განზოგადოებული წევრებით. ნაშრომში ვაჩვენებთ, რომ, როგორც კლასიკურ შემთხვევაში, ისე ამ გადაგვარებულ წყვილ-იონურ სითხეში, მაგნიტური და სიჩქარის ველების გენერირება ერთდროულად ხდება და შევავსებთ თუ გადაგვარების და მაგნიტო-სითხური ბმებით გამოწვეულ დამატებულ წევრებს რა როლი ექნებათ ასეთი მაკრო-მასშტაბური ველების განვითარებაში.</p>			

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
4	მარიამ ქავთარაძე	მაგნიტური მარყუჟების გაცხელება/ფორმირება მზის ატმოსფეროში ნაწილობრივ იონიზირებული აირის ეფექტების გათვალისწინებით	თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
<p>ნაშრომში განხილულია მზის მაგნიტური მარყუჟების ფორმირება/გაცხელების ამოცანა ნაწილობრივ იონიზებული დინებების გამოყენებით. უახლესი დაკვირვებების გათვალისწინებით მოდელში დაშვებულია დიდი რაოდენობით ნეიტრალეების არსებობა (აირი სუსტად იონიზებულია). ასევე მოვახერხებთ სრულად იონიზებული სიტუაციის შედარება ნაწილობრივ იონიზებულთან, ატმოსფერული სტრუქტურების ფორმირება/გაცხელების თვალსაზრისით. ნაჩვენებია მაგნიტური მარყუჟების ფორმირების/გაცხელების მახასიათებელი პარამეტრების დამოკიდებულება ამბიპოლარი დიფუზიის პარამეტრზე. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ ცხელი წონასწორული მაგნიტური მარყუჟის ფორმირების დრო მცირდება სუსტად იონიზებული სიტუაციებისათვის.</p>			

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
5	გიორგი მეშველიანი	წონასწორული ჩაკეტილი სტრუქტურების ფორმირება მზის ატმოსფეროში ნაწილობრივ იონიზირებული აირის ეფექტების გათვალისწინებით	თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

მზის დაკვირვებებმა გვიჩვენა რომ მზის ატმოსფერო დინამიურია და მას გააჩნია ნატიფი სტრუქტურა. მზის ატმოსფეროში ვხვდებით უამრავ საინტერესო, განსხვავებული მასშტაბის სტრუქტურის მქონე წონასწორულ/კვაზი წონასწორულ ობიექტს, რომლებიც გამოწვეულნი არიან მზეზე მიმდინარე პროცესების გამო. ჩვენ ვსწავლობთ აღნიშნულ სტრუქტურებს. დადგენილია, რომ სუსტად იონიზირებულ აირის დინებებს, რომლებიც დამზერილია მზის ზედაპირზე, შეუძლიათ შექმნან კორონაში არსებული სტრუქტურები. არსებული თეორიების უმრავლესობის მიხედვით ამ სტრუქტურების გაცხელებასა და ფორმირებაში მთავარ როლს იღებს ჰოლის ეფექტი და დისიპაციური წევრები, სადაც, ნაკლებად ენიჭებოდა მნიშვნელობა ნაწილობრივ იონიზირებული აირში არსებულ ამბიპოლარული დიფუზიის ეფექტს. თუმცა უახლოესი ექსპერიმენტული დაკვირვებები და კვლევების შედეგები საფუძველს გვადლევს დავასკვნათ, რომ ამბიპოლარული დიფუზიის ეფექტი მნიშვნელოვანია ამ ამოცანის განხილვისას და ჩვენი ნაშრომის მთავარი მიზანაც სწორედ ამის ჩვენებაა. ასევე ჩვენს შედეგებს ვადარებთ ძველ მიდგომებსა და ექსპერიმენტულ შედეგებს. წინასწარმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ამბიპოლარული დიფუზიის გათვალისწინებით იზრდება წონასწორული სტრუქტურების მასშტაბთა მრავალფეროვნება და მიღებული თეორიული შედეგები უფრო რეალისტურს ხდის მაგნიტო-სითხური ბმების მოდელს.

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
6	თონა გოცირიძე	დამაგნიტებული ანიზოტროპული ასტროფიზიკური ქარების დინამიკა დისიპაციით	თსუ მეექვსე ყოველწლიური სტუდენტური კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თბილისი, თსუ, 11-12.07.2018 http://conference.sens-2018.tsu.ge/page/program/50

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

განხილულია გაუხშობელი დამაგნიტებული ანიზოტროპული ასტროფიზიკური დინებების თვისებები სტაციონალური ასტროფიზიკური ქარების შემთხვევაში, როდესაც გარემო განიცდის ნელ დისიპაციას. ნაჩვენებია ჰიდროდინამიკური, დამაგნიტებული ორმაგი ადიაბატისა და ბრაგინსკის დისიპაციური მაგნიტოჰიდროდინამიკური მოდელის ამონახსნები. ნაჩვენებია ამონახსნების კლასები, სადაც ქარის გავრცელების მიმართულებით ანიზოტროპიის პარამეტრი შეიძლება იზრდებოდეს, ან მცირდებოდეს. ნაჩვენებია დისიპაციის გავლენა ანიზოტროპიის პარამეტრზე. ნაჩვენები ამონახსნები მიგვითითებენ გაფართოებადი დამაგნიტებული დინებების რომელი მოდელები შეიძლება არსებობდნენ სტაციონალურ რეჟიმში წყაროდან დიდი მანძილის დაშორებით, სადაც ისინი დაიკვირვებიან ასტროფიზიკურ ობიექტებში. ნაჩვენებია პარამეტრების ინტერვალები, სადაც ანიზოტროპიის პარამეტრი შეიძლება იზრდებოდეს, რაც გამოიწვევს ლოკალური არამდგრადობების განვითარებას და ქარის საბოლოო დისიპაციას.

6. 2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ნანა შათაშვილი - invited speaker	Large-Scale Flow and Structure Formation in Stellar Atmospheres – I	Joint ICTP-IAEA College on Plasma Physics 29 October – 9 November 2018 http://indico.ictp.it/event/8335/oth

			er-view?view=ictptimetable
მობსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მობსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
<p>Outline: Dynamic Multi-scale Solar Atmosphere; Corona - observations and inferences. <i>Heating of the Solar Corona; Simultaneous Formation and primary heating of the coronal structure; Beltrami-Bernoulli (BB) States – Magneto-Fluid Coupling – Solar Atmosphere; Acceleration / Generation of flows - incompressible plasma case – Catastrophe, Reverse Dynamo; Acceleration / Generation of flows - compressible Solar plasma case.</i></p> <p>Results: The structures which comprise the solar corona can be created by particle (plasma) flows observed near the Sun’s surface. The primary heating of these structures is caused by the viscous dissipation of the flow kinetic energy. It is during trapping and accumulation in closed field regions, that the relatively cold and fast flows thermalize (<i>due to the dissipation of the short scale flow energy</i>) leading to a bright and hot coronal structure. The formation and primary heating of a closed coronal structure (<i>loop at the end</i>) are simultaneous. The heating caused by the dissipation of flow energy may, in addition, be augmented by one or several modes of secondary heating. In our model, the "secondary heating" may occur to simply sustain (against, say, radiation losses) the hot bright loop. The emerging scenario, then, is not the filling of some hypothetical virtual loop with hot gas. The loop, in fact, is created by the interaction of the flow and the ambient field; its formation and heating are simultaneous & "loop" has no ontological priority to the flow.</p>			

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მობსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
2	ნანა შათაშვილი - invited speaker	Large-Scale Flow and Structure Formation in Stellar Atmospheres – II	Joint ICTP-IAEA College on Plasma Physics 29 October – 9 November 2018 http://indico.ictp.it/event/8335/other-view?view=ictptimetable

მობსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მობსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
<p>Outline: Compact Astrophysical Objects; New class of Beltrami Bernoulli Equilibria sustained by Electron Degeneracy Pressure; Stellar Atmospheres with Degenerate Electrons & Positrons & Ion Fractions; Quadruple Beltrami System – formation of Macro Scale; Triple Beltrami System – formation of Meso Scale; Scale Hierarchy; Illustrative Examples - <i>White Dwarfs – large-scale flows, solitons, self-guiding.</i></p> <p>Results: We showed that: The stable self-trapped solitary 2D structures exist for the arbitrary level of degeneracy. We have found the critical power for the self-guided propagation. The results of the given study can be applied to understand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the radiation properties of astrophysical gamma-ray sources - as well as may be useful to design the future laboratory experiments. <p>The results can be useful to understand the dynamics of x-ray pulses emanating from the compact astrophysical objects as well as to study the nonlinear interactions of intense laser pulses and dense degenerate plasmas that are relevant for the next-generation intense laser–solid density plasma experiments.</p>			

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მობსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
3	ირაკლი ჯობაძე - contributed talk	Large Scale Structure Formation in Pulsar Degenerate Relativistic Outer Layer	Joint ICTP-IAEA College on Plasma Physics 29 October – 9 November 2018 http://indico.ictp.it/event/8335/other-view?view=ictptimetable

მოსხენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

- The relativistic generalized vorticity tensor is constructed for the outer layer of the compact objects.
- The possibility of the existence of the double Beltrami-Bernoulli (BB) relaxed states/structures is explored for the pulsar's degenerate relativistic outer layer close to the surface.
- Theoretical formalism is based on the degenerate relativistic fluid equations taking into account the gravitational effects – the metric tensor is that of the Schwarzschild.
- The BB equilibrium is defined by two relativistic Beltrami conditions for degenerate electron and positron fluids; as a result Triple Beltrami states are obtained.
- For finding the illustrative numerical solutions of large scale flows and magnetic fields the derived equations are written in spherical coordinates and are expanded using spherical harmonic functions.
- Preliminary estimations for large-scale flow formation in the pulsar outer layer close to the surface are performed.

It is expected that the generated flows in compact object atmosphere will contribute to the matter and the energy of the large scale jet; then, discovered effect can play an important role in the model of relativistic disk-jet structure formation around the compact objects like AGN and Pulsar. Constructed model can be applied for the exploration of observational features of relativistic jets.

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება
ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის
მითითებით

ფიზიკის დეპარტამენტი, ატომისა და ატომბირთვის ფიზიკის კათედრა.
ასოცირებული პროფესორი ზაალ მაჭავარიანი
ასისტ. პროფ. მალხაზ გოჩიტაშვილი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული
სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
	გამოსხივების ციმციმის გამოკვლევა ნანოსტრუქტურებში №04/04	25/04/2016-25/05/2018	ზაალ მაჭავარიანი -მკვლევარი

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 ფოტოაღზნების 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 იქნებოდა სტრუქტურებში არსებულ კულონურ კომპლექსებზე (ექსიტონებზე და მათ კომპლექსებზე, დონორულ და აქცეპტორულ ცენტრებზე) და ამ მოდელის საფუძველზე სტრუქტურების იმ ოპტიმალურ პარამეტრების დადგენა, რომელთათვისაც შესაძლებელი გახდებოდა გამოსხივების ციმციმის მაქსიმალური დათრგუნვა. გამოთვლები ჩატარდა კადმიუმის სელენიდის CdSe და თუთიის ოქსიდის ZnO კვანტური სტრუქტურებისათვის.

მნიშვნელოვანი შედეგები:

- შემუშავდა მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა გარკვეული (კვაზი ერთ განზომილებიანი სტრუქტურებისთვის) დაბალი კომპიუტერული რესურსების გამოყენებით ამოიხსნას 3 და 4 ნაწილაკის პრობლემა. მოდელი ემყარება ბორნ-ოპენჰაიმერის მიახლოების გამოყენებას ელექტრონებისა და ხვრელებისთვის, რომელიც აქამდე ფაქტიურად არ ყოფილა გამოყენებული.

- ამ მოდელის საფუძველზე ნაჩვენები იქნა, რომ ზომისა და შემადგენლობის ცვლილებით შესაძლებელია ოჟე რეკომბინაციის და შესაბამისად, არაგამოსხივებითი გადასვლების შემცირება. განხილულ სისტემებში (ZnO/ZnMgO, CdSe/ZnS, CdSe/CdS) შეფასებული იქნა ის ოპტიმალური ზომა, რომლისთვისაც მოსალოდნელია არაგამოსხივებითი გადასვლები მნიშვნელოვნად შემცირება.

გამოთვლილი იქნა ელიფსოიდალური ფორმის ნანონაწილაკებში დიპოლური გადასვლის მატრიცული ელემენტები. მიღებული იყო, რომ მატრიცულ ელემენტები რომლებიც აკავშირებენ ძირითად და ძლერ აგზნებულ მდგომარეობებს არ არიან ნანონაწილაკის ფორმის ანიზოტროპიის პარამეტრის მონოტონური ფუნქციები: მატრიცულ ელემენტებს გააჩნიათ მინიმუმები, მაქსიმუმები და ნულები. შესწავლილი იყო მატრიცული ელემენტების წყვეტი გამოძწვევი მიზეზი. ნაჩვენები იყო, რომ წყვეტის მიზეზი არის შესაბამისი ენერგეტიკული დონეების გადაკვეთა. გამოთვლილი იქნა ელიფსოიდალური ფორმის ნანონაწილაკების ანსამბლების მიერ გამოსხივებულ/შთანთქმული სინათლის სპექტრალური ხაზების ფორმები. მიღებულია, რომ ნანონაწილაკის ფორმის ცვლილებით შესაძლებელია მისი ოპტიკური თვისებების რეგულირება.

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
---	---	--	--

	სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა		
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	მალხაზ გოჩიტაშვილი	მოდელირება ეკოლოგიაში ISBN 978-9941-13-707-5	თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა - 2018	109
2	ზაალ მაჭავარიანი	ატომური ფიზიკა ISBN 978-9941-13-722-8 (pdf)	ოსუ გამომცემლობა http://press.tsu.ge/data/ima_ge_db_innova/Atomuri-	198

			Fizika.pdf	
<p>1. მოცემულ ნაშრომს საფუძვლად დაედო ლექციების საბაკალავრო კურსი, რომელიც წლების განმავლობაში იკითხებოდა ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტზე. მასში შეტანილია როგორც კურსის თეორიული ნაწილი, ასევე, პრაქტიკული მაგალითები და ამოცანები ეკოლოგიაში და ფიზიკაში. ამოცანები ამოხსნილია კომპიუტერული პროგრამების “Origin” და “Matlab” გარემოში.</p> <p>2. ნაშრომი წარმოადგენს ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ფიზიკის მიმართულების საბაკალავრო სავალდებულო სალექციო კურსის – ატომისა და ატომბირთვის ფიზიკის დამხმარე სახელმძღვანელოს. სახელმძღვანელო აგებული უკანასკნელი ათი წლის მანძილზე ზემოაღნიშნული კურსის სალექციო მასალის ბაზაზე. სახელმძღვანელო ი წარმოდგენილია სალექციო კურსის პირველი ნაწილი – ატომური ფიზიკა, რაც კურსის საერთო მოცულობის დაახლოებით 80%-ს შეადგენს. წინამდებარე ნაშრომის შექმნა მოტივირებული იყო წლების მანძილზე სტუდენტების აზრის გათვალისწინებით. კერძოდ, სტუდენტთა ნაწილს უჭირდათ კონკრეტული საკითხის ირგვლივ ინფორმაციის დეტალური მოძიება უცხოურ ენაზე გამოცემულ ლიტერატურა ი. მართალია, ატომურ ფიზიკაში გვაქვს უფრო ადრეულ წლებში ქართულ ენაზე გამოცემული ცნობილი სახელმძღვანელოები, როგორებიც არის პროფ. მ. მირიანაშვილის ზოგადი ფიზიკის კურსი – ატომური ფიზიკა და პროფ. ჯ. მებონიას ატომური ფიზიკის კურსის დამხმარე სახელმძღვანელო, მაგრამ როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა აუცილებელი შეიქმნა ზოგიერთი საკითხის უფრო დეტალური განხილვა. ნა რომ ი მასალა სტუდენტისათვის მაქსიმალურად გასაგებ ენაზეა გადმოცემული. განხილული თემები ქრონოლოგიურად მიყვება ლექციებზე წაკითხულ საკითხებს. წინამდებარე ნაშრომი ზემოთხსენებულ ქართულ ენაზე გამოცემულ სახელმძღვანელოებთან ერთად სტუდენტებს გაუადვილებს სალექციო მასალის გააზრებასა და ათვისებას, რაც საბოლოოდ საფუძვლიანი ცოდნის მიღების წინაპირობა იქნება. წინამდებარე დამხმარე სახელმძღვანელოს გამოცემა ავტორის მიერ სახელმძღვანელოს გამოცემის პირველი მცდელობაა. ბუნებრივია, იგი ვერ იქნება თავისუფალი გარკვეული ხარვეზებისგან. ამიტომაც, ავტორი სიამოვნებით გაითვალისწინებს კოლეგების მოსაზრებებს არსებული ხარვეზების გამოსწორების თვალსაზრისით.</p>				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური,	ჟურნალის/კრებულის	გამოცემის ადგილი,	გვერდების რაოდენობა
---	-----------------	------------------	-------------------	-------------------	---------------------

		დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	დასახელება და ნომერი/ტომი	გამომცემლობა	
1					
2					
3					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა- ური, ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	რ. კეზერაშვილი ზ.მაჭავარიანი ბ.ბერიძე თ.ჭელიძე	Trions and biexcitons in a nanowire		arXiv:1804.11030	
<p>შემუშავდა მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა გარკვეული (კვაზი ერთ განზომილებანი სტრუქტურებისთვის) დაბალი კომპიუტერული რესურსების გამოყენებით ამოიხსნას 3 და 4 ნაწილაკის პრობლემა. მოდელი ემყარება ბორნ-ოპენჰაიმერის მიახლოების გამოყენებას ელექტრონებისა და ხვრელებისთვის, რომელიც აქამდე ფაქტიურად არ ყოფილა გამოყენებული. ამ მოდელის საფუძველზე ნაჩვენებია იქნა, რომ ზომისა და შემადგენლობის ცვლილებით შესაძლებელია ოქე რეკომბინაციის და შესაბამისად, არაგამოსხივებითი გადასვლების შემცირება. განხილულ სისტემებში (ZnO/ZnMgO, CdSe/ZnS, CdSe/CdS) შეფასებული იქნა ის ოპტიმალური ზომა, რომლისთვისაც მოსალოდნელია არაგამოსხივებითი გადასვლები მნიშვნელოვნად შემცირება.</p>					

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

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

		სტანდარტული კოდი ISBN		
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელ- წოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
2					
3					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	მალხაზ გოჩიტაშვილი, ნუგზარ გუბაძე, ვლადიმერ ჯაში, ვალერი კიკვაძე, გიორგი ივანოვი	1.სცინტილაციური NaI(Tl) და ნახევარგამტარული Ge დეტექტორების შედარებითი ანალიზი და მახასიათებლების შესწავლა მრავალარხიან გამა- სპექტრომეტრზე	მექვესე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია თებერვალი 12-15 , ENS-2018 ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

2	ვალერი კიკვაძე, გიორგი ივანოვი, მალხაზ გოჩიტაშვილი, ვალადიმერ ჯაში	2. <u>Nal(Tl) სცინტილაციური და გეიგერის დეტექტორების მახასიათებლების შესწავლა</u>	თსუ მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია თებერვალი 12-15 , ENS-2018
3	რამაზ ლომსაძე, მალხაზ გოჩიტაშვილი, ნუგზარ მოსულიშვილი, რომან კეზერაშვილი.	3. <u>გადამუხტვის, იონიზაციის და ალგზნების პროცესების შესწავლა Na+, K+ იონების Ne, Kr, Xe ატომებთან დაჯახებისას</u>	თსუ მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია თებერვალი 12-15 , ENS-2018
4.	გიორგი თაყაძე, რამაზ ლომსაძე, მალხაზ გოჩიტაშვილი, დავით ქუფარაშვილი, ოთარ თაბორიძე, ნუგზარ მოსულიშვილი, ნინო ცისკარიშვილი.	4. <u>ზემადალი ვაკუუმის მიღება და მისი გამოყენება მყარი ტანის ზედაპირის კვლევებში</u>	თსუ მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო კონფერენცია თებერვალი 12-15 , ENS-2018
5	ზაალ მაჭავარიანი	კულონური მინარევი სფერულ ნანონაწილაკში	მე-6 საფაკულტეტო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში თსუ თბილისი
6	თამარ ჭელიძე ზაალ მაჭავარიანი	Trions and biexcitons in a nanowire	3 rd International Conference on Physics of 2D Crystals (ICP2C3)
<p>1. კვლევა ჩატარებულია რადიოაქტიურ პრეპარატებზე Am-241, Ra-226, Eu-152, Cs-137, Co-60 K-40. გამოკვლეულია Ge დეტექტორის ენერგეტიკული გარჩევისუნარიანობის დამოკიდებულება გაზომვის სხვადასხვა პირობებში და სხვადასხვა ენერგეტიკულ დიაპაზონში. სხვადასხვა ენერგიის გამა გამოსხივებისათვის დადგენილია რადიაციის შესუსტების მექანიზმი სხვადასხვა გარემოში Al-ალუმინში, Cu-სპილენძში და Pb-ტყვიანში.</p> <p>2. კვლევის პროცესში გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა რადიოაქტიური ნიმუშები: ²⁴¹Am-ამერეციუმი, ²²⁶Ra-რადიუმი (E = 186კეე, 242კეე, 295კეე, 352კეე, 609კეე), ¹³⁷Cs-ცეზიუმი და ⁶⁰Co-კობალტი (E = 1173კეე, 1332კეე) . გაზომვები ჩატარდა მრავალარხიან ამპლიტუდურ გამა სპექტრომეტრზე. გამა გამოსხივების რეგისტრაციისათვის გამოიყენებოდა კრისტალური სცინტილატორი.</p> <p>3. ჩაკეტულ გარსიანი ნაწილაკების დაჯახებისას, არადრეკადი პროცესების კვლევის პროცესში, გამოყენებულ იქნა დაჯახებითი სპექტროსკოპიის, მოდიფიცირებული კონდესატორის და ოპტიკური სპექტროსკოპიის მეთოდები. გაზომვები ჩატარდა იონების ენერგიის დაბალ ენერგეტიკულ 0.5-8კეე დიაპაზონში. მიღებული იქნა არადრეკადი პროცესების გადამუხტვა, იონიზაცია, ალგზნება სრული და დიფერენციალური კვითის აბსოლუტური მნიშვნელობები.</p> <p>4. ნაშრომში განხილულია ატომური ფიზიკის ლაბორატორიაში რეაბილიტირებული მყარი ტანის ზედაპირის კვლევისთვის განკუთვნილი მეორადი იონების მასს-სპექტრომეტრული დანადგარი. კვლევისთვის აუცილებელი, ზემადალი ვაკუუმის უზრუნველყოფისთვის ჩვენს მიერ გამოყენებულია</p>			

ხუთი სხვადასხვა მუშაობის პრინციპზე დაფუძნებული ტუმბო: წინასწარი გაიშვიათების (ე.წ. ფორ ტუმბო), დიფუზიური, ცეოლიტური, მაგნიტური განმუხტვისა და სუმბლიმაციური ტუმბოები და შედეგად მიღებულია $8 \cdot 10^{-10}$ ტორი წნევა. მოხსენებაში ყურადღება გამახვილებული იქნება ბოლო სამი ტუმბოს მუშაობის პრინციპზე და დანადგარის კვლევით შესაძლებლობებზე.

მიღებული შედეგების საფუძველზე მომზადებულია სტატია, რომლის გამოქვეყნებაც დაგეგმილია Phys. Rev A-ში 2019წ : M Gochitashvili, R Lomsadze, N MosuliSvili, R. Kezerashvili “ Exact Evaluation of Metastable States to Perform Measurements of Excitation Function for e-O₂, O⁺ - N₂ and K⁺ - H₂ Collision Systems”.

The objective of this research is twofold: First, we study and perform precise measurements of excitation function for the e-O₂ colliding system and find the optimal conditions for production of an intensive beam of O⁺ ions in the metastable states O⁺(²P) and O⁺(²D). Second, under the finding condition we are using the intensive beam O⁺ ions in the metastable states O⁺(²P) and O⁺(²D) we study the excitation function for the O⁺-N₂ colliding system.

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება: ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი / ფიზიკის დეპარტამენტი / **კვანტური ველებისა და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის კათედრა**

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის მითითებით
 პროფესორი მ. ელიაშვილი, ასოც. პროფესორი მ. გოგბერაშვილი, ასოც. პროფესორი რ. შანიძე, ასოც პროფესორი გ. ციციშვილი, ასისტ. პროფესორი თ. ნადარეიშვილი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	სპინის ფიზიკა (თეორიული ფიზიკა, ელემენტარული ნაწილაკები). თვითშეუღლებული გაფართოების კვლევა არარელატივისტურ და ერთ და ორნაწილაკოვან რელატივისტურ განტოლებებში.	2015-2020	თეიმურაზ ნადარეიშვილი - მკვლევარი.
2	გარემოს რადიაციული ფონის შესწავლა და მონიტორინგი მიკრო კომპიუტერული გამოწოში სადგურის საშუალებით. (ფიზიკა, საგრანტო პროგრამა: „მეცნიერება იწყება სკოლიდან - კვლევები მოსწავლეთა მონაწილეობით“, SCR 18/3/2018)	2018-2019	რევაზ შანიძე - პროექტის მეცნიერ კონსულტანტი, გოგიტა პაპალაშვილი - პროექტის ასისტენტი
3	ANTARES და KM3NeT საერთაშორისო თანამშრომლობის 2019 წლის კონფერენცია (ფიზიკა, „მობილობისა და	2018-2019	რევაზ შანიძე- პროექტის ხელმძღვანელი, გოგიტა პაპალაშვილი, თამთა ხვიჩია

საერთაშორისო სამეცნიერო ღონისძიებების საგრანტოკონკურსი“, MG-ISE-18-804)		
<p>არდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული იშედევების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. აქსიალური სიმეტრიის მქონე პოტენციალებისათვის გამოკვლეულია თუ რა შემთხვევებში ხდება აუცილებელი განვიხილოთ დამატებითი ამოხსნები. როგორც მაგალითი ნაჩვენებია, რომ აუცილებელია დამატებითი ამოხსნების შენარჩუნება შრედიფერის განტოლებაში ორგანოზომილებიანი კულონისა და სხვა აქსიალური სიმეტრიის პოტენციალებისათვის. ჩატარებულია თვითშეუღლებული გაფართოების ოპერაცია $m = 0$ მაგნიტური კვანტური რიცხვისათვის. მიღებულია სათანადო საკუთარი მნიშვნელობების განტოლებები, რომლებშიც შედის თვითშეუღლებული გაფართოების პარამეტრი. შესწავლილია ორთოგონალობის საკითხი. 2. შესწავლილია დამატებითი ე.წ. "ჰიდრინო" მდგომარეობების საკითხი -ფერმიონულ და მაღალი სპინის მქონე ნაწილაკების რელატივისტურ განტოლებებში. ერთ და ორნაწილაკოვან კლეინ-გორდონის და კრატერის განტოლებებში კულონის ვექტორული და სკალარული პოტენციალებისათვის ჩატარებულია თვითშეუღლებული გაფართოების პროცედურები. 3. ნაჩვენებია, რომ ცენტრალური სიმეტრიის მქონე სინგულარული ოპერატორებისათვის და პოტენციალებისათვის მოდიფიცირებას საჭიროებს კვანტურ მექანიკაში არსებული ფუნდამენტალური თეორემები. 4. აქართველოში გარემოს რადიაციული ფონის შესწავლისა და მონიტორინგის მიზნით წარმოდგენილ პროექტში გათვალისწინებულია მიკროკომპიუტერის ბაზაზე კომპაქტური და მობილური გამზომი სადგურის შექმნა. სადგურის საშუალებით შესაძლებელი იქნება გაზომვების ჩატარება რეალურ დროში, მიღებული ინფორმაციის დამუშავება და გარემოს რადიაციული მონიტორინგის როგორც ცადგილობრივ, ისე საერთაშორისო ბაზებში განთავსება. მონიტორინგის შედეგები ხელმისაწვდომი იქნება ნებისმიერი დაინტერესებული პირისათვის. გამზომ სადგურში გამოყენებული იქნება მიკროკომპიუტერი Raspberry Pi, რომლის საშუალებით მოხდება ინფორმაციის მიღება რადიაციის დეტექტორიდან (გეიგერ-მიულერი სმთვლელი), მისი ანალიზი და ბაზაში განთავსება. ეფექტურად გამოყენების მიზნით, პროექტში გათვალისწინებულია პროგრამირების თანამედროვე ენის პითონის შესწავლა და მისი საშუალებით გამზომი სადგურის მართვა. 2018 წელს პროექტის მონაწილე მოსაწვლევება (კომაროვის სკოლის 15 მოსწავლე) შეისწავლეს პროგრამირება პითონის საშუალებით და სადემონსტრაციო დღეზე წარმოადგინეს პროექტის ფარგლებში შექმნილი პროგრამები - მათ შორის ბროუნის მოძრაობის, ტომსონის ატომის მოდელის და რეზერფორდის გაზნევის საფუძველზე შექმნილი მოდელირებისა და ვიზუალიზაციის პროგრამები.) 5. ANTARES და KM3NeT საერთაშორისო სამეცნიერო თანამშრომლობის 2019 წლის კონფერენციის ჩატარების პროექტი ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში. ღონისძიება წარმოადგენს ყოველწლიურ კონფერენციას, რომლის ძირითად მიზნებს შეადგენს ANTARES სამეცნიერო პროექტში მიღებული შედეგების მიმოხილვა, KM3NeT პროექტთან დაკავშირებული სამეცნიერო, ტექნიკური და ტექნოლოგიური საკითხების განხილვა. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი წარმატებით მონაწილეობს ამ პროექტებში. კონფერენცია ხელს შეუწყობს ქართველი მეცნიერების დასტუდენტების (მაგისტრანტები, დოქტორანტები) ჩართვა სამპროექტების ფარგლებში მიმდინარე საერთაშორისო კვლევებში. აღსანიშნავია, რომ KM3NeT ევროპის საკვლევი 		

ინფრასტრუქტურის პროექტს წარმოადგენს, რაც უზრუნველყოფს მის მაღალ ხილვადობას გაერთიანებული ევროპის სამეცნიერო კვლევების სივრცეში. კონფერენციაში მონაწილეობას მიიღებს 10-ზე მეტი ქვეყნის (მათ შორის გერმანია, ესპანეთი, იტალია, ნიდერლანდები, პოლონეთი, რუმინეთი, საბერძნეთი, საფრანგეთი) დაახლოებით 100 მეცნიერი, ინჟინერი და სტუდენტი.

2018 წელს ჩატარდა კონფერენციის მომზადების საორგანიზაციო საქმიანობა, მათ შორის შეიმნა კონფერენციის ვებ-გვერდი (km3net.tsu.ge), რომელზეც განლაგდება ინფორმაცია პროექტის შესახებ.

)

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებულის სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
	„კვანტური ჯგუფი და ტოპოლოგიურად არატრივიალური მდგომარეობები დაბალგანზომილებიან	2015 – 2018	გ. ციციშვილი (ხელმძღვანელი) მ. ელიაშვილი (ძირითადი პერსონალი)

<p>ფერმიონულ სისტემებში FR/265/6-100/14</p>		
<p>დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ გრძელ ანოტაცია (ქართულენაზე)</p>		
<p>პროექტი წარმოადგენდა დაბალგანზომილებიანი ფიზიკური სისტემების კვლევების კომპლექსურ პროგრამას, თანამედროვე თეორიული და მათემატიკური ფიზიკის მეთოდების გამოყენებით. პროექტი მიზანად ისახავდა არასტანდარტული და ტოპოლოგიურად არატრივიალური მდგომარეობების კვლევას დაბალგანზომილებიან (1D და 2D) ფიზიკურ სისტემებში; ასევე, იმ ალგებრული და ტოპოლოგიური სტრუქტურების (ბერის ფაზები, ზაკის ფაზები, ჩერნის რიცხვები) ძიებას, რომლებიც აღწერენ აღნიშნული სისტემების სპეციფიკურ თვისებებს. აღნიშნული მიმართულებებით კვლევების მიზნები და ამოცანები დაგეგმილი იყო ორ ნაწილად:</p> <p>1) ორგანზომილებიანი ელექტრონული სისტემების მესერული და ეფექტური ველის თეორიის მოდელების კვლევა მაგნიტური ველისა და გეომეტრიული საზღვრების პირობებში.</p> <p><u>კონკრეტულ ამოცანებად განხილული იყო</u></p> <p>ა) ორგანზომილებიანი უსპინო ელექტრონების უწყვეტი მოდელი ორთოგონალური მაგნიტური ველისა და სხვადასხვა (დირიხლეს, ნეიმანისა და რობენის) სასაზღვრო პირობების შემთხვევებში.</p> <p>ბ) ამ მოდელის განზოგადება სპინიანი ელექტრონების შემთხვევაში სპინ-ორბიტული ურთიერთქმედებით.</p> <p>გ) კიდურა მდგომარეობები და მათი ტოპოლოგიური მახასიათებლები სპინიანი ელექტრონების სასრული (შემოსაზღვრული) ჯაჭვის მოდელში.</p> <p><u>მიღებული შედეგები:</u></p> <p>ა) ნაჩვენებია/ნაპოვნია, რომ სხვადასხვა სასაზღვრო პირობების გამოყენება იძლევა ენერგეტიკული სპექტრის პრინციპულად განსხვავებულ შემთხვევებს, და შესაბამისად განსხვავებულ ფიზიკურ სურათებს.</p> <p>ბ) ნაჩვენებია, რომ რობენის სასაზღვრო პირობების შემთხვევაში სპინური თავისუფლების ხარისხების ჩართვას თან სდევს ეგრედ წოდებული წმინდა სპინური დენების ფორმირება, რაც თეორიული და ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისითაც განსაკუთრებულ სამეცნიერო ყურადღებას იპყრობს.</p> <p>გ) ეფექტური მიდგომის გამოყენებით ერთგანზომილებიანი ჯაჭვის ამოცანაში სპინური თავისუფლების ხარისხები გათვალისწინებულია კვანძთაშორისი გადასვლების ალტერნირების რაც იწვევს ენერგეტიკული სპექტრის დახლეჩას ოთხ ნაწილად (four-band). ამომწურავად არის შესწავლილი ასეთ მოდელში კიდურა მდგომარეობების ფორმირების საკითხი და ნაპოვნია ამ (და ზოგადი 1D) სისტემებისათვის ტოპოლოგიური მახასიათებლების აგების უნივერსალური გზა.</p> <p>2) მუხტის სპინისა და ენტროპიის დინამიკის კვლევა დაბალგანზომილებიან ძლიერად კორელირებულ სისტემებში სპინ-ორბიტალური ურთიერთქმედებით.</p>		

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელი, საერთაშორისო	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

		სტანდარტული კოდი ISBN		
1	ფიზიკის მათემატიკური მეთოდები (სახელმძღვანელო) 978-9941-13-694-8 11	მ.ელიაშვილი, გ.ციციშვილი	ი.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა	2018
2	თეიმურაზ ნადარეიშვილი	ამოცანათა კრებული კვანტურ ექანიკაში 978-9941-13-687-0	თბილისი, თსუ გამომცემლობა	212

ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)

1. ტექსტს საფუძვლად უდევს სალექციო კურსი რომელიც იკითხება თსუ ფიზიკის სპეციალობის სტუდენტებისათვის. ძირითადი მასალის დაუფლებისათვის არ მოითხოვება რაიმე განსაკუთრებული წინაპირობების დაკმაყოფილება. დამატებითი მასალა ნაგარაუდებია დამოუკიდებელი შესწავლისათვის და განკუთვნილია იმ სტუდენტებისათვის ვისაც აინტერესებს თეორიული ფიზიკის მათემატიკური აპარატის შედარებით გაღრმავებული ცოდნა.

თხუთმეტი ლექციისაგან შემდგარი კურსის შინაარსი მოიცავს შემდეგ ძირითად თემებს

- შესავალი ტენზორული აღრიცხვაში
- ვარიაციული აღრიცხვის საწყისები
- ფურიეს გარდაქმნები
- ფურიეს გარდაქმნების გამოყენება გრინის ფუნქციების გამოსათვლელად

როგორც დარგი და მიმართულება ფიზიკის მათემატიკური მეთოდები წარმოადგენს მრავალი სახელმძღვანელოსა და მონოგრაფიის საგანს, დაწყებული რ.კურანტისა და დ. ჰილბერტის კლასიკური წიგნიდან "მათემატიკური ფიზიკის მეთოდები".

2. ამოცანათა კრებული განკუთვნილია ზუსტი და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის ფიზიკის მიმართულების სტუდენტთათვის და მოიცავს არარელატივისტური კვანტური მექანიკის (კვანტური მექანიკა I) თითქმის ყველა ძირითად საკითხს. კრებულში შესულია 604 სხვადასხვა სირთულის ამოცანა, რომელთაგან რთულ, ვარსკლავით აღნიშნულ ამოცანებს აქვთ მითითებები. თითოეულ თავს გააჩნია მოკლე შესავალი თეორიული ნაწილი, სადაც თავმოყრილია ამოცანების ამოხსნისათვის აუცილებელი ფორმულები. კრებულს აქვს დამატებაც, რომელშიც დიდი ნაწილი უკავია სპეციალური ფუნქციების თეორიის ელემენტებს, რაც ასევე აუცილებელია ამოცანების ამოხსნისათვის, რადგანაც კვანტური მექანიკის ბევრი ამოცანა სწორედ ამ ფუნქციების შესაბამის დიფერენციალურ განტოლებებზე დადის.

წიგნი ქართულ ენაზე ამ ტიპის ამოცანათა კრებულის შექმნის პირველი მცდელობაა. ამიტომ შესაძლოა იგი დაზღვეული არ იყოს ზოგიერთი ხარვეზისაგან.

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1				
2				
3				

ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)

4.4. სტატიებიდიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიისსათა-ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1	M. Gogberashvili, L. Pantskhava	10.1007/s10773-018-3702-x	<i>Int. J. Theor. Phys.</i> 57	Schpringer	11
2	M. Gogberashvili, A. Sakharov	10.1142/S0218271818501006	<i>Int. J. Mod. Phys.</i> D27	World Scientific	11
3	M. Gogberashvili	10.1155/2018/4653202	<i>Adv. High Energy Phys.</i> 2018	Hindawi	5
4	M. Gogberashvili	10.1155/2018/3702498	<i>Adv. High Energy Phys.</i> 2018	Hindawi	5
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)					
<p>1. სხვადასხვა ძლიერი კოსმოსური სიგნალის მაღალი ინტენსივობა ახსნილია შავი ხვრელის ლინზირებისას გაძლერების მექანიზმის გამოყენებით;</p> <p>2. ულტრა-მსუბუქი ჰიპოტეტური სკალარული ველის ბოზე-აინშტაინის კონდენსატის თვისებებით ახსნილია სამყაროში ფარული მატერიის და ზნელი ენერჯის თვისებები;</p> <p>3. ინფლიაციის შემდეგ აინშტაინის სტატიკური სამყაროს ფაზის არსებობის დაშვებით შესაძლოა გადაწყდეს სამყაროს ბარიონული ასიმეტრიის პრობლემა;</p> <p>4. ნაჩვენებია, რომ ჰაბლის ჰორიზონტის მასშტაბებზე კვანტური გადაჯაჭვულობის ენეჯის გათვალისწინებამ შესაძლოა გადაწყვიტოს კოსმოლოგიური კონსტანტის პრობლემა.</p>					

4.5. სტატიებიISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიისსათა-ური, ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1					
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)					

5.ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნისსათა ური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1				
2				
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2	თეიმურაზ ნადარეიშვილი	ამოცანათა კრებული კვანტურ ექანიკაში 978-9941-13-687-0	თბილისი, თსუ გამომცემლობა	212
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)					

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

6.2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება: ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება
კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის კათედრა

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის მითითებით

- ალექსანდრე შენგელაია - პროფესორი, კათედრის გამგე
- ამირან ბიბილაშვილი - ასოცირებული პროფესორი
- თამარ ჭელიძე - ასოცირებული პროფესორი
- დიმიტრი დარასელია - ლაბორატორიის გამგე, დოქტორი
- დავით ჯაფარიძე - უფროსი ლაბორანტი, დოქტორი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის ძიება მეტალ-ოქსიდურ საზღვრებში. ფიზიკა, კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა FR 17_325	2017 - 2019	ა. შენგელაია-ხელმძღვანელი, დ. ჯაფარიძე-ნიმუშების დამზადება PSSR მეთოდით და ზეგამტარი თვისებების კვლევა, დ. დარასელია-მაგნიტური გაზომვები, გ. მამნიაშვილი-ნიმუშების დამზადება HSWC მეთოდით და ზეგამტარი თვისებების კვლევა, თ. ჭაბუკიანი-ელექტრული წინაღობის გაზომვები.
<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)</p>			
<p>ახლახან გამოჩნდა საინტერესო შეტყობინებების სერია, რომ მეტალისა და იზოლატორის ფაზების საზღვრებში შეიძლება არსებობდეს ზეგამტარობა უჩვეულოდ მაღალი კრიტიკული ტემპერატურით. ინტერფეისული ზეგამტარობა დაიშორა იმ შემთხვევებშიც კი, როდესაც სენდვიჩისმაგვარ სტრუქტურებში შემავალი ორივე ნივთიერება ცალ-ცალკე არაზეგამტარი იყო. ცხადია, რომ საზღვრის (ინტერფეისის) მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა წარმოადგენს ძალიან საინტერესო მოვლენას, რომელსაც ადგილი აქვს სხვადასხვა მასალების შეხების საზღვარზე და გამოწვეულია ამ საზღვარზე მათი ფიზიკური თვისებების ძლიერი ცვლილებით. ინტერფეისული ზეგამტარობის ბუნება ამჟამად უცნობია. პროექტის ძირითადი მიზანია შევისწავლოთ მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის შესაძლებლობა Al/Al₂O₃, Fe/FeO_x, W/WO₃ და Na/WO₃ .მეტალი/ოქსიდის ბინარული კომპოზიტების საზღვრებში. ცნობილია, რომ ამ სისტემებში მაღალტემპერატურულ ზეგამტარობას აქვს მეტასტაბილური ბუნება. ეს აჩვენებს, რომ რომ ჯერ-ჯერობით უცნობი არაწონასწორული ფაზები განაპირობებენ ზეგამტარობას. პროექტის მიზანია მეტალ/ოქსიდურ კომპოზიტებში ამ არაწონასწორული ფაზების სტაბილიზაცია პროექტის მონაწილეების მიერ დამუშავებული ორი ახალი სწრაფი სინთეზის მეთოდით: ცხელად აფეთქებით დაწნევა (HSWC) და ფოტოსტიმულირებული მყარსხეულოვანი რეაქცია (PSSR). მეტალ/ოქსიდურ კომპოზიტებში მეტასტაბილური ფაზების სტაბილიზაცია მოგვცემს შესაძლებლობას დეტალურად შევისწავლოთ მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის ბუნება მეტალისა და იზოლატორის ფაზების საზღვრებში.</p>			

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	ფოტოსტიმულირებული მეთოდით პეროვსკიტის მზის ელემენტის მიღება. ფიზიკა, კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა 216860	2016 - 2018	დ. ჯაფარიძე-ხელმძღვანელი, ა. შენგელაია-კოორდინატორი, დ. დარასელია-ტექნოლოგიური პროცესების და ელექტრონული გაზომვების ჩატარება, ზ. ჯიბუტი-ფოტონური დასხივებები და მზის ელემენტების ეფექტურობის განსაზღვრა, რ. ჭედია-საწყისი მასალების ქიმიური სინთეზი, თ. გაგნიძე-რენტგენოსტრუქტურული და მიკროსტრუქტურული გაზომვები.
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
<p>პროექტის მიზანი იყო ახალი თაობის პეროვსკიტის მზის ელემენტების მიღების ტექნოლოგიის გამარტივება და გაიაფება. ვინაიდან პეროვსკიტის მზის ელემენტების შექმნა განაპირობა არსებული სილიციუმის ბაზაზე შექმნილი მზის ელემენტების სიძვირემ, პეროვსკიტის ელემენტების ტექნოლოგიური პროცესის ნებისმიერი ეტაპის გამარტივება და გაიაფება უდიდეს მნიშვნელობას იძენს. პეროვსკიტის მზის ელემენტების ტექნოლოგია გულისხმობს ასეთი ელემენტის შემადგენელი აქტიური ნივთიერებების თხელი კრისტალური ფენების მიღებას, რაც მოითხოვს ხანგრძლივ მაღალტემპერატურულ თერმულ დამუშავებას. მაღალტემპერატურული თერმული დამუშავება აძვირებს პეროვსკიტის მზის ელემენტებს. თერმული დამუშავების ნაცვლად შემოთავაზებული იყო კრისტალური ფენების მიღების ახალი ტექნოლოგია, რომელიც ეყრდნობა ჩვენს მიერ 2012 წელს შემუშავებულ ფოტოსტიმულირებული მყარსხეულოვანი რეაქციის (Photostimulated Solid State Reaction – PSSR) მეთოდს. ამ მეთოდის ინოვაციურობა დაცულია საქართველოს და ევროპული პატენტებით. პროექტის გეგმით გათვალისწინებული ყველა სამუშაოს ჩატარების შემდეგ შეიქმნა პეროვსკიტის მზის ელემენტი, რომლის შემადგენელი TiO_2-ისა და პეროვსკიტის ($CH_3NH_3PbI_3$) ორი ძირითადი ფენის კრისტალური სტრუქტურის ფორმირება განხორციელდა ნაცვლად ხანგრძლივი (40წთ) და მაღალტემპერატურული თერმული ($500^{\circ}C$) დამუშავებისა, ფოტონური დასხივების მეთოდით. ფოტონური დასხივების ხანგრძლივობა ჯამურად არ აჭარბებს 10 წამს, ხოლო პიკური ტემპერატურა არ აღემატება $400^{\circ}C$, რაც მნიშვნელოვანდ ამარტივებს და ამცირებს ტექნოლოგიური პროცესის ღირებულებას. მიღებულია პეროვსკიტის მზის ელემენტი იმპულსური ფოტონური დასხივების მეთოდით. ჩვენს მიერ პეროვსკიტის მზის ელემენტის ყველა ფენის სრულად ოპტიკური მეთოდით მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება მნიშვნელოვანი წინ გადადგმული ნაბიჯია, პეროვსკიტის მზის ელემენტების მასობრივი წარმოების შექმნის მიმართულებით.</p>			
2	გამოსხივების ციმციმის გამოკვლევა ნანოსტრუქტურებში	25/04/2016-25/05/2018	თამარ ჭელიძე - ხელმძღვანელი თამაზ კერესელიძე - მკვლევარი ზააალ მაჭავარიანი - მკვლევარი თემურ ნადარეიშვილი - მკვლევარი
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 ფოტოაღზნების 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 იქნებოდა სტრუქტურებში არსებულ კულონურ კომპლექსებზე (ექსიტონებზე და მათ კომპლექსებზე, დონორულ და აქცეპტორულ ცენტრებზე) და ამ მოდელის საფუძველზე სტრუქტურების იმ ოპტიმალურ პარამეტრების დადგენა, რომელთათვისაც შესაძლებელი გახდებოდა გამოსხივების ციმციმის მაქსიმალური დათრგუნვა. გამოთვლები ჩატარდა კადმიუმის სელენიდის CdSe და თუთიის ოქსიდის ZnO კვანტური სტრუქტურებისათვის.

მნიშვნელოვანი შედეგები:

- შემუშავდა მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა გარკვეული (კვაზი ერთ განზომილებანი სტრუქტურებისთვის) დაბალი კომპიუტერული რესურსების გამოყენებით ამოიხსნას 3 და 4 ნაწილაკის პრობლემა. მოდელი ემყარება ბორნ-ოპენჰაიმერის მიახლოების გამოყენებას ელექტრონებისა და ხვრელებისთვის, რომელიც აქამდე ფაქტიურად არ ყოფილა გამოყენებული.
- ამ მოდელის საფუძველზე ნაჩვენები იქნა, რომ ზომისა და შემადგენლობის ცვლილებით შესაძლებელია ოჟე რეკომბინაციის და შესაბამისად, არაგამოსხივებითი გადასვლების შემცირება. განხილულ სისტემებში (ZnO/ZnMgO, CdSe/ZnS, CdSe/CdS) შეფასებული იქნა ის ოპტიმალური ზომა, რომლისთვისაც მოსალოდნელია არაგამოსხივებითი გადასვლები მნიშვნელოვნად შემცირება.
- გამოთვლილი იქნა ელიფსოიდალური ფორმის ნანონაწილაკებში დიპოლური გადასვლის მატრიცული ელემენტები. მიღებული იყო, რომ მატრიცულ ელემენტები რომლებიც აკავშირებენ ძირითად და ძლიერ აგზნებულ მდგომარეობებს არ არიან ნანონაწილაკის ფორმის ანიზოტროპიის პარამეტრის მონოტონური ფუნქციები: მატრიცულ ელემენტებს გააჩნიათ მინიმუმები, მაქსიმუმები და ნულები. შესწავლილი იყო მატრიცული ელემენტების წყვეტი გამოძწვევი მიზეზი. ნაჩვენები იყო, რომ წყვეტის მიზეზი არის შესაბამისი ენერგეტიკული დონეების გადაკვეთა. გამოთვლილი იქნა ელიფსოიდალური ფორმის ნანონაწილაკების ანსამბლების მიერ გამოსხივებული/შთანთქმული სინათლის სპექტრალური ხაზების ფორმები. მიღებულია, რომ ნანონაწილაკის ფორმის ცვლილებით შესაძლებელია მისი ოპტიკური თვისებების რეგულირება.

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი,	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

	დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა		
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4. 2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათა-ური, ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა

1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელ- წოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	A. Shengelaya and K. A. Müller	Superconductivity in Oxides Generated by Percolating Electron or Hole Bipolarons DOI https://doi.org/10.1007/s10948-018-4882-6	Journal of Superconductivity and Novel Magnetism	New York, Springer	4
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					
<p>აღსანიშნავია, რომ კუპრატებში მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის (მტზ) აღმოჩენიდან სამი ათეული წლის გასვლის შემდეგ, არ არის ნაპოვნი სხვა ნივთიერებების კლასი, რომელიც გამოავლენდა ზეგამტარობას თხევადი აზოტის დუღილის ტემპერატურაზე მაღლა, ატმოსფერული წნევის პირობებში. წარმოდგენილ სტატიაში ჩვენს მიერ განხილულია ხვრელური და ელექტრონული ბიპოლარონები დოპირებულ სპილენძის და ვოლფრამის ოქსიდებში. განხილულია მათ შორის მნიშვნელოვანი მსგავსება და განსხვავებები. ორივე შემთხვევაში, ხვრელურ და ელექტრონულ ბიპოლარონებს შეუძლიათ პერკოლაცია და ერთგანზომილებიანი ნანოძაფების ან კლასტერების წარმოქმნა როგორც ნიმუშის მოცულობაში ასევე ზედაპირზე. დაბალ ტემპერატურებზე ასეთ უბნებში შეიძლება წარმოიქმნას ზეგამტარობა. შემოთავაზებულია, რომ ვოლფრამის ოქსიდი ჟანგბადის დეფიციტით WO_{3-x} პერსპექტიული მასალაა მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის თვალსაზრისით.</p>					
2	Z. Guguchia, A. Kerelsky, D. Edelberg, S. Banerjee,	Magnetism in semiconducting molybdenum	Science Advances Vol. 4, Issue 12	American Association for the	9

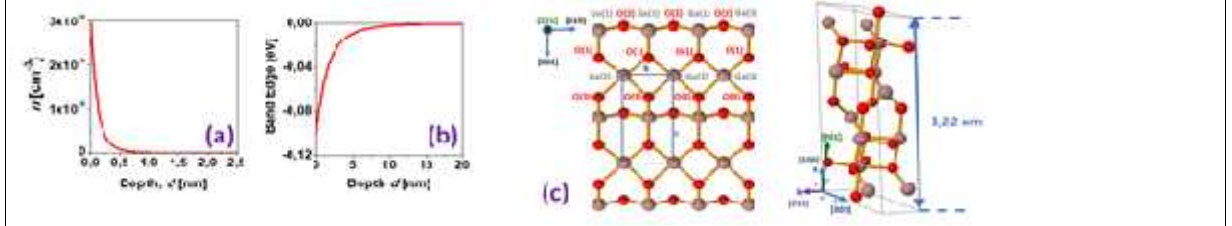
<p>F. von Rohr, D. Scullion, M. Augustin, M. Scully, D. A. Rhodes, Z. Shermadini, H. Luetkens, A. Shengelaya, C. Baines, E. Morenzoni, A. Amato, J. C. Hone, R. Khasanov, S. J. L. Billinge, E. Santos, A. N. Pasupathy, Y. J. Uemura</p>	<p>dichalcogenides</p>		<p>Advancement of Science</p>	
---	------------------------	--	-------------------------------	--

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)
 გარდამავალ ლითონთა დეჰალოგენიდები (TMDs) საინტერესოა ორ-განზომილებიანი (2D) მასალების ფუნდამენტური ფიზიკის გასაგებად, ისევე როგორც მათი განვითარებად ტექნოლოგიებში, მაგალითად სპინურ ელექტრონიკაში, გამოყენების გამო. ჩვენ მიუჩინის სპინის ბრუნვის (mSR), მასკანირებელი ტუნელური მისკროსკოპიის (STM) მეთოდებისა და სიმკვრივის ფუნქციონალის თეორიის (DFT) საშუალებით აღმოვაჩინეთ შორი მაგნიტური წესრიგი $TM = 40$ და 100 K ტემპერატურებზე დაბლა TMDs $2H-MoTe_2$ და $2H-MoSe_2$ მოცულობით ნახევარგანტარულ მასალებში. mSR გაზომვებმა აჩვენეს დაბალ ტემპერატურებზე ორივე ნივთიერებაში დიდი ერთგვაროვანი შიდა მაგნიტური ველის არსებობა, რაც შორ მაგნიტურ წესრიგზე მიუთითებს. DFT გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ ეს მაგნეტიზმი ხელშეწყობილია კრისტალში არსებული დეფექტებით. STM გაზომვები გვიჩვენებს, რომ ამ მასალებში უპირატესი დეფექტები ლითონის ვაკანსიები და ჰალოგენი-ლითონი ანტისტრუქტურული დეფექტებია, რომლების ქაოსურად არიან განლაგებული მესერში სუბპროცენტული კონცენტრაციით. DFT გვიჩვენებს, რომ ანტისტრუქტურული დეფექტები მაგნიტურია, მაგნიტური მომენტი $0.9 - 2.8$ mB დიაპაზონში. ჩვენ აღმოვაჩინეთ, რომ მაგნიტური მოწესრიგება $2H-MoTe_2$ -სა და $2H-MoSe_2$ -ში ძალზე მგრძობიარეა ჰიდროსტატიკური წნევის მიმართ. ეს აღმოჩენები $2H-MoTe_2$ და $2H-MoSe_2$ ნივთიერებებს ადგილს უმკვიდრებენ როგორც მაგნიტური ნახევარგამტარების ახალ კლასს და გზას უხსნიან 2D ფიზიკისა და მაგნეტიზმის ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლას ამ საინტერესო ნახევარგამტარებში.

<p>3</p>	<p>E.Chikoidze, D.J.Rogers, F.H.Teherani, C.Rubio, G.Sauthier, H.J.Von Bardeleben, T. Tchelidze, C.Ton-That, A. Fellous, P. Bove, E. V. Sandana, Y. Dumont, A. Perez-Tomas</p>	<p>Puzzling robust 2D metallic conductivity in undoped β-Ga_2O_3 thin films</p>	<p>MaterilasToday Physics მიღებულია დასაბეჭდად</p>	<p>Elsevier</p>	
----------	--	---	---	-----------------	--

ნომინალურად არა-ლრგირებული $s-Ga_2O_3$ -ის თხელი ფენები გაზრდილი იყო r-საფირონის სადებზე იმპულსური ლაზერული დაფენის მეთოდით. ფენები ამჟღავნებდნენ

უჩვეულოდ დაბალ კუთრ წინაღობას ($3 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$), გამტარული თვისებების დიდ მდგრადობას დასხივების მაღალი დოზების მიმართ (2MeV , $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$) და წინაღობის ინვარიანტობას (ლითონურ) 2 to 850K ტემპერატურულ დიაპაზონში. ფენების გამჭვირვალობა $>80\%$ ხილულ A და B ულტრაიისფერ დიაპაზონებში. რენტგენულმა ფლუორესცენციული სპექტროსკოპიის, მეორადი იონური მას-სპექტროსკოპიის, რეზონანსული უკუ-სპექტრომეტრიის, რენტგენული ფოტოემისიური სპექტროსკოპიის და ელექტრომაგნიტური პარანგნიტური რეზონანსის მეთოდებმა ვერ გამოავლინეს რაიმე ტიპის თხელი დონორების არსებობა ნიმუშში. ამის გამო, გაკეთდა დასკვნა, რომ გადაგვარებული ელექტრული ტრანსპორტი (დადასტურებული ულტრაიისფერი ფოტოელექტრონული სპექტროსკოპიით) განპირობებულია ორ-განზომილებიანი ლითონის-მაგვარი ზედაპირით. ასეთი ყოფაცევა უკანასკნელ ხანებში დამზერილი იყო სხვა ოქსიდებშიც. ტომას-ფერმის მიახლოებაში თეორიულად შეფასდა ზედაპირული ელექტრული ვალის და ელექტრონების ზედაპირული განაწილება.



(a), (b) მოდელირებული ორ-განზომილებიანი არხის პროფილი გამოთვლილი თომას-ფერმის მეთოდის გამოყენებით. (c) (201) სიბრტყე (d) Ga_2O_3 ერთეულოვანი უჯრედი.

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

6. 2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	A. Shengelaya, D. Daraselia, D. Japaridze, Z. Jibuti, K. A. Müller	Fast Synthesis of Advanced Superconducting and Magnetic Materials with Light Irradiation	თურქეთი, 2018 წელი
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
2	T. Tchelidze, Z. Machavariani, T. Kereselidze, B. Beradze	Trions and Biexcitons in Nanowire	Malta, la Valletta, 2018, 29/09-02/06

მიკრო და ნანოელექტრონიკის ქემიმართულება

პერსონალური შემადგენლობა :

ასოც.პროფ. ამირან ბიბილაშვილი ; აკად.დოქ. ზურაბ ყუშიტაშვილი; პროფ.ზურაბ ჯიბუტი; დოქტორანტები: რევაზ კობაიძე და ლადო ჯიბუტი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
1.	გალიუმის ნიტრიდის მაგნეტრონული გაფრქვევით ფორმირების ტექნოლოგიის დამუშავება და კვლევა; ფიზიკა; მიკრო და ნანოელექტრონიკა	3.01.2017 – 31.12.2019.	ა.ბიბილაშვილი– ხელმძღვანელი; ზ.ყუშიტაშვილი–ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარება და ელექტრული პარამეტრების გაზომვები; ზ.ჯიბუტი– ფოტონური დასხივებები და ოპტიკური პარამეტრების გაზომვები;

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

თანამედროვე ეტაპზე მენდელეევის სისტემის III ჯგუფის ნიტრიდები ერთ-ერთ პერსპექტიულ მასალად ითვლება ოპტიკური და მიკროელექტრონული ხელსაწყოების დასამზადებლად. როგორებიცაა: ლურჯ და იისფერ დიაპაზონში მნათი დიოდები, ზემდაღალი სიხშირის ტრანზისტორები. განსაკუთრებით საინტერესოა ჰეტერო გადასასვლელით შოტკის ჯებირიანი ველის ტრანზისტორები, სადაც ჰეტეროგადასვლის ზონაში იქმნება კვანტური ჭა, რომელშიც ფორმირდება ორგანო-მილენიანი ელექტრული გაზი და ოთახის ტემპერატურაზე კი, მასში ელექტრონების ძვრადობა და კონცენტრაცია საკმაოდ დიდია ($\mu \geq 2000 \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{წმ}$ და $n \geq 10^{13} \text{ cm}^{-2}$). GaN-ის მოდიფიკაციის ძირითადი მეთოდია მოლეკულურ-სხივური ეპიტაქსია, რომელიც მოითხოვს ძვირად ღირებულ დანადგარ-მოწყობილობებს, რაც აფერხებს ფართო წარმოებაში მის დანერგვას. გარდა ამისა, ძნელია p-ტიპის GaN-ის მიღება, ლეგირებით ან სინთეზის სახით.

აღნიშნული კვლევითი პროექტის მიზანია მაღალი წინაღობის ფუძემდებლებზე, მაღალხარისხოვანი p-ტიპის GaN მყარი ხსნარების ფირების მიღება დაბალტემპერატურული ($T \leq 600^\circ\text{C}$) პროცესებით. ამისათვის, შეირჩა გალიუმის, ჟანგბადის შემცველ პლაზმაში, ვაკუუმურ-მაგნეტრონული გაფრქვევის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგია. მიზნის მისაღწევად მოხდა ვაკუუმური დანადგარის მოდერნიზაცია, კერძოდ ჩაიდგა: 1) ტურბომოლეკულური ტუმბი; 2) ნარჩენი და შეშვებული გაზის წნევების მაკონტროლებელი მას-სპექტრომეტრი SRS RGA200, 3) p-ტიპის GaN მყარი ხსნარების ფირების მიღებისთვის მეორე მაგნეტრონული სამიზნე, ცალკე ელექტროკვებით 100მმ დიამეტრით, რომელშიც მოთავსდა სპილენძი (Cu) 99,9998% სისუფთავით. დანადგარის ხუფის ქვეშ წნევა შეადგენდა $\sim 10^{-3} \text{ მმ.ვც.სვ}$, დაფენის ტემპერატურა იცვლებდა $(450 \pm 630)^\circ\text{C}$ ინტერვალში, პირველ (Ga -99,9998%)–ის სამიზნეზე ძაბვა $U=250\text{ვ}$, დენი $I \approx 210 \text{ ა}$, მეორე (Cu)–ის სამიზნეზე $U=280\text{ვ}$, დენი $I \approx 260\text{ა}$. ფუძემდებები: მაღალომიანი Si, ზედაპირული ორიენტაციით [111] ან საფირონი (Al_2O_3), ზედაპირული ორიენტაციით [0001], ქიმიურად იწმინდებოდა და თავსდებოდა ვაკუუმურ დანადგარში სადებზე, რომელსაც შეეძლო ბრუნვა ვერტიკალური ღერძის გარშემო. დანადგარში წნევის $\sim 10^{-6} \text{ მმ.ვც.სვ}$. მიღწევის შემდეგ, ხდებოდა სუფთა არგონის და ჟანგბადის

შეშვება ~10⁻³მმ.ვც.სვ. წნევამდე, ედებოდა პირველ Ga-იან სამიზნეზე ძაბვა, მიიღებოდა შესაბამისი დენი და გალიუმი გაიფრქვეოდა 5±6 წუთი. შემდეგ სპეციალური ავტომატით სადები ნიმუშთან ერთად გადადიოდა მეორე – სპილენძიან სამიზნის თავზე, სადაც ხდებოდა გაფრქვევა Ar-ით ~2 წამის განმავლობაში და კვლავ სადები ნიმუშთან ერთად გადადიოდა პირველ სამიზნის თავზე და გალიუმი ისევ იმავე პროცესით ეფინებოდა. ეს ურთიერთ შექცევადი პროცესები ექვსჯერ მეორდებოდა ანუ მიიღებოდა GaN-ისა და Cu-ის შრეების ურთიერთ მონაცვლევა. GaN-Cu სინთეზის მიღებისთვის ხდებოდა მიღებული სტრუქტურის Si(Al₂O₃)-GaN-Cu- - - GaN ფოტონური დასხივება ჰალოგენური 1000-220 და ულტრაიისფერი LMP-400D ნათურების ერთობლივი მოქმედებით. დადგენდა ოპტიმალური რეჟიმი: ნათურების სიმძლავრის სიმკვრივე – ჰალოგენურისთვის ნვტ/სმ², ულტრაიისფერისთვის – 93 ვტ./სმ², მოქმედების დრო 5წამი და ამ ხუთ წამიანი მოქმედების გამეორება *ექვსჯერ*. ასეთი ტექნოლოგიით მიღებული GaN-ის სისქე იტო 0,05მკმ, p-ტიპის, კუთრი წინაღობა ~0,9 ომი-სმ, კონცენტრაცია ~2.3·10¹⁷სმ⁻³, ძვრადობა~24სმ²/ვ.წმ. ჩატარდა რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, გაიზომა მისი შთანთქმისა და არეკვლის სპექტრები, გამოსვლის მუშაობა, სიმქრქალე.

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
2.	გარდამავალ მეტალ ცირკონიუმის ოქსიდის ნანოფირების მიღება და კვლევა მემრისტორში აქტიური შრის შესაქმნელად; ფიზიკა; მიკრო და ნანოელექტრონიკა	3.01.2018 – 31.12.2018.	ა.ბიბილაშვილი– ხელმძღვანელი; ზ.ყუმიტაშვილი–ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარება და ელექტრული პარამეტრების გაზომვები; ზ.ჯიბუტი–ოპტიკური პარამეტრების გაზომვები; რ.კობაიძე და ლ.ჯიბუტი – ტექნოლოგიურ და გაზომვის პროცესებში მონაწილეობის მიღება
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			
მიკრო და ნანოელექტრონიკის განვითარება ძირითადად განპირობებულია თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიების განუხრელი ზრდით, რომელიც მოითხოვს სწრაფქმედი და სიგნალის შენახვის მოცულობის დიდი სიმკვრივის ხელსაწყო შემუშავებას, მცირე ენერჯიზებით ინფორმაციის ჩაწერისა და შენახვის რეჟიმებში. ასეთი ერთ-ერთი ხელსაწყოა – <i>მემრისტორი</i> . მის აქტიური შრის შესაქმნელად გარდამავალ მეტალ ცირკონიუმის ოქსიდი, თავისი უნიკალური თვისებების გამო, უაღრესად საინტერესოა. მიღებულ იქნა ნანოზომის სტრუქტურები გარდამავალ მეტალთა სრული და არასრული ოქსიდების საზღვრის შესწავლად. მიღებულ იქნა Si-ZrO _x -ZrO ₂ -Mo-			

Al სტრუქტურა და სისტემა Si-W-ZrO_x-ZrO₂- Mo-Al (ოქსიდთა საერთო სისქე ~70ნმ). ოქსიდები მიღებულ იქნა მაგნეტრონული გაფრქვევის მეთოდით. ZrO_x -ში x-ის რეგულირებისთვის ტექნოლოგიური პროცესები ჩატარდა ჟანგბადის და არგონის სხვადასხვა პარციალურ წნევებზე. ოქსიდთა მიღების ტემპერატურა არ აღემატებოდა 400°C, დანადგარის ხუფის ქვეშ ვაკუუმში მიიღებოდა ტურბო-მოლეკულური ტუმბოთი, ნარჩენი და შეშვებული გაზების პარციალური წნევები იზომებოდა SRS RGA200 მას-სპექტრომეტრით და შეადგენდა ~10⁻³მმ.ვც.სვ, მაგნეტრონზე იყო ძაბვა U=360 ვ, დენი I=300 ა. მოხდა ცალ-ცალკე მათი რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, შთანთქმის და არეკვლის სპექტრების გადაღება და მათ საფუძველზე შექმნილი Si-ZrO_x-ZrO₂-Mo-Al-სტრუქტურების ვოლტ-ფარადული (C-V) მახასიათებლების გაზომვები სხვადასხვა სიხშირეებზე. C-V მახასიათებლებიდან განისაზღვრა ბრტყელი ზონების ძაბვა U=-9,7 ვ; მუხტის სიდიდე ოქსიდში Q_{ox}≈ 2,5·10¹⁰სმ⁻²; გამყოფ საზღვარზე ნახევარგამტარი-ოქსიდი მდგომარეობათა სიმკვრივე N_{ss}≈ 3,2·10¹⁰ევ⁻¹·სმ⁻²; დიელექტრიკული მუდმივა V =25. მემრისტორის შექმნისთვის დამზადდა Si-W-ZrO_x-ZrO₂- Mo-Al სისტემა და გაიზომა მისი ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები სხვა-დასხვა სიხშირეებზე. მიღებულ იქნა ჰისტერეზისი (-3,2÷+3,2)ვ ძაბვებს შორის , ჩაკეტვის ძაბვით U_ჩ=2ვ და გახსნისა U_გ=-0,25ვ; ჩაკეტვის დენი შეადგენდა ~0,02მა.

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათა-ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Amiran Bibilashvili, Zurab Kushitashvili	C-V Characterization and Electric Parameters of ZrO ₂ Received UV Stimulated Plasma Anodizing; DOI:10.15640/jns.v6n2a1 ISSN2334-2943(Print) 2334-2951	Journal of Natural Sciences, 2018, vol.6, No. 2, p. 38,	USA	9

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

ინტეგრალური მიკრო და ნანო ხელსაწყოთა ელემენტების შექმნის ერთ-ერთი პერსპექტიული მიმართულებაა, დაბალტემპერატურულ მეთოდით ფორმირებული, გარდამავალ მეტალთა ოქსიდების გამოყენება მათ აქტიურ უბნებში. სტატიაში გამოკვლეულია გარდამავალ მეტალ ცირკონიუმის ოქსიდის (ZrO₂) მიღება დაბალტემპერატურული პლაზმური ანოდირებით, რომლის სტიმულაცია ხდებოდა ულტრაიისფერი (უი) სინათლის დასხივებით. ეს ოქსიდი გამოირჩევა მაღალი ხარისხის ელექტრო-, დიელექტრიკულ და ოპტიკური თვისებებით. ამ მხრივ საინტერესოა მისი შესწავლა მემრისტორის აქტიურ შრეში, იმ თვალსაზრისითაც, რომ მემრისტორი პლაზმური ანოდირებით ჯერ-ჯერობით არაა მიღებული. შეიქმნა მეტალ-ოქსიდ-ნახევარგამტარ (მონ) სტრუქტურა, დადგინდა მისი მიღების ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმები, მის საფუძველზე შეიქმნა მდნ-სტრუქტურა, გადაღებულ იქნა მისი ვოლტ-ფარადული (C-V) მახასიათებლები, საიდანაც განისაზღვრა ოქსიდის პარამეტრები: მუხტი ოქსიდში, გამყოფ საზღვარზე მდგომარეობათა სიმკვრივე, დიელექტრიკული მუდ-

მივას სიდიდე, ჩატარდა რენტგენო-სტრუქტურული ანალიზი, განისაზღვრა ოქსიდის დიელექტრიკული კარგვის მახასიათებელი (ტანგეს დელტა), შეწავლილ იქნა მისი სიხშირული მახასიათებელი. ცირკონიუმის ოქსიდის შესწავლის შემდეგ დადგინდა, რომ ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას მემრისტორში აქტიური შრის მისაღებად.

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	L.Z.Jibuti	Syntesis And Annealing Processes Receiving GaN Layers	IMS 2018 3 rd International Conference Inorganic Materials Science Modern Technologies and Metthods, October 8-11, 2018, 25-28, Tbilisi, Georgia
2	A.P.Bibilashvili,	low Temperature Doping of Gallium Nitride Nanolayers	5 th International Conf. "Nanotechnologies" Nano-2018, November 19-22, 2018, 29, Tbilisi, Georgia
3	R. Kobaidze,	Titanium Nitride Interlayers Memristors	5 th International Conf. "Nanotechnologies" Nano-2018, November 19-22, , 2018,100-101,Tbilisi, Georgia
4	A.P.Bibilashvili,	Prospects for Using Nano-grating and Nanostructured Silicon Surfaces in Photovol-taics	5 th International Conf. "Nanotechnologies" Nano-2018, November 19-22, 2018, 174, Tbilisi, Georgia
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

6. 2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	Zurab Kushitashvili , Amiran Bibilashvili.	Fabrication Memory Storage Nano-Device Memristor	BIT s 7 th Annual World Congress of Advanced Materials-2018, September 13-15, 2018, 197, Xiamen, China
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

სსიპ ივ.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და
საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის პლაზმის ფიზიკის კათედრის ხელმძღვანელის

პროფ. ნოდარ ცინცაძის

ანგარიში

1. სამეცნიერო პუბლიკაციები იმპაქტ-ფაქტორიან გამოცემებში:

№	პუბლიკაციის ავტორი/ავტორები	ჟურნალი, ტომი, გვერდი	პუბლიკაციის დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI
1	N.L.Tsintsadze et.al.	Phys. of Plasmas, 25, 073705	10.1063/1.5029517
2	N.L.Tsintsadze et.al.	Phys. of Plasmas, 25, 093302	10.1063/1.5031423
3	N.L.Tsintsadze et.al.	Europ.Phys.J.D, 72, 192	10.1140/epjd/e2018-90309-2
1	N.L.Tsintsadze and G.H.Pe-radze	J.Low Temp. Phys., V45,N1,pp 117-120	

2. სხვა პუბლიკაციები:

№	პუბლიკაციის ავტორი/ავტორები	ჟურნალი, ტომი, გვერდი	პუბლიკაციის დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN

3. საერთაშორისო პატენტები:

№	საპატენტო თემატიკის სათაური	გამომგონებელი/ები და პატენტმფლობელი/ები	პატენტის საიდენტიფიკაციო კოდი

4. ეროვნული პატენტები

№	საპატენტო თემატიკის სათაური	გამომგონებელი/ები და პატენტმფლობელი/ები	პატენტის საიდენტიფიკაციო კოდი

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

**უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება
ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**

**სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება
ფიზიკის დეპარტამენტი, რადიოფიზიკის და ფიზიკური პროცესების მოდელირების
მიმართულება**

**სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის
მითითებით**

ასოც. პროფესორი ოლეგ ხარშილაძე

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული
სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი)პროექტისდასახ ელებაშემეცნიერებისდარგისადასამ ეცნიერომიმართულებისმითითე ბით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	გეოკოსმოსურ სივრცეში ელექტრომაგნიტური ტალღური სტრუქტურების არაწრფივი დინამიკის რიცხვითი მოდელირება ; მულტიმასშტაბური სოლიტონებისა და გრიგალური სტრუქტურების არაწრფივი დინამიკის ანალიზი და რიცხვითი მოდელირების მეთოდების დამუშავება: სიგნალების სტატისტიკური ანალიზის არაწრფივი	2018-2020	ოლეგ ხარშილაძე

	დინამიკის მეთოდების დამუშავება		
<p style="text-align: center;">გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ გრძელვადიანი ოტაცია (ქართულენაზე)</p> <p>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 სატელიტებით დამზერილი გეოკოსმოსური დინებების სიჩქარის და მაგნიტურ ველის შემფოთებების მდგენელების სხვადასხვა პერიოდის დროითი მწკრივები. ამ მონაცემების ციფრული დამუშავებისათვის გამოყენებულია არაწრფივი დინამიკის მეთოდები: კორელაციური და ფრაქტალური და მულტიფრაქტალური ანალიზის მეთოდები, რომელიც ეფექტურად მუშაობენ რთული სიგნალების ანალიზის ამოცანებში. ფრაქტალურობა არის სიგნალების დინამიური მახასიათებელი, რომლის რაოდენობრივი შეფასება შესაძლებელია ფრაქტალური და მულტიფრაქტალური, ინფორმაციული განზომილებების დათვლით, რაც ტექნიკურად რთული ამოცანაა. ასეთი პროცესების ანალიზისთვის. შედგენილია პროგრამა მატლაბში სიგნალების ფრაქტალური რაოდენობრივი მახასიათებლების გამოკვლევისთვის პლაზმური შემფოთებების არაწრფივი ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციის მიზნით. არაწრფივი დინამიკის მეთოდების საშუალებით გამოვლენილია ექსპერიმენტებში გაზომილი სიგნალების ქაოსური და ლამინარული მდგენელების ბუნება და დინამიური ქაოსის პარამეტრები. ერთმანეთთან შედარებულია რიცხვითი მოდელირებით და თანამგზავრული მონაცემების დამუშავებით მიღებული შედეგები. აღნიშნული მეთოდიკა გამოყენებული იყო ტურბულენტური პროცესების რიცხვითი მოდელირების შედეგების ანალიზისთვისაც. გამოკვლევამ აჩვენა, რომ არაწრფივი მეთოდებით სიგნალების სტატისტიკური ანალიზი იძლევა პროცესის მდგრადობის და ფაზური გადასვლების-ბიფურკაციების საკმარის მახასიათებლებს და შესაძლებელია გამოყენებული იყოს სხვა რთული ბუნების ფიზიკური პროცესების ანალიზისთვის.</p> <p>სოლიტონური და გრიგალური სტრუქტურების მოდელირება ჩატარებულია პსევდოსპექტრალური მეთოდის გამოყენებით, კერძოდ შტედინგერის არაწრფივი განტოლების ამოსახსნელად. შედგენილია მეთოდის კოდი მატლაბში და ჩატარებულია სოლიტონობის ურთიერთქმედების მოდელირება ცვლადი დისპერსიის და არაწრფივობის მქონე გარემოში, როგორც არაერთგვაროვანი ისე არასტაციონალურ შრმთხვევაში.</p> <p>გრიგალების უეთიეთქმედების შესწავლისთვის შესწავლილია კონტურული დინამიკის მეთოდი ალგოტიმში და შედგენილია შესაბამისი კოდი. შესწავლილია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი მულტიმასშტაბური სოლიტონური ტიპისა და ტალღური სტრუქტურების ფორმირება კომპლექსურ გარემოში (ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, იონოსფერული და მაგნიტოსფერული პლაზმური გარემო), სტრუქტურების დაჯახებადი და არადაჯახებადი ურთიერთქმედების დინამიკა, მიღებულია პრობლემის კვლევის თეორიული და რიცხვითი მოდელები. ნაჩვენებია, რომ გენერირებული არაწრფივი გრიგალური სტრუქტურები შეიძლება იყოს მონოპოლური ტიპის, ან გრიგალური ჯაჭვი არაერთგვაროვანი ლოკალური ქარის ფონზე, რაც დამოკიდებულია წანაცვლებითი დინების სიჩქარის სახეზე. ასეთი გრიგალების აკუმულაციას შეუძლია განაპირობოს</p>			

გარემოს ძლიერი ტურბულენტური მდგომარეობა. ჩატარებულია რიცხვითი სიმულაციები და შესწავლილია სოლიტონური ტიპის მულტიმასშტაბური სტრუქტურების ურთიერთქმედება კომპლექსურ გარემოებთან, რომელიც აღიწერება დინამიკური არაწრფივი შროდინგერის ტიპის განტოლებათა კლასით დისპერსიული და დისიპაციური ეფექტების გაათვალისწინებით.

პირველრიგში გამოვიკვლიეთ და მიღებულია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი სტრუქტურების ფორმირებისა და დაჯახებადი და არადაჯახებადი ურთიერთქმედების დინამიკის თეორიული მოდელები და ასევე გამოკვლეულია რიცხვითი სიმულაციების შესაძლებლობა რთულ, უწყვეტ გარემოებში, მათ შორის – იონოსფეროსა და მაგნიტოსფეროს პლაზმაში, რაც წარმოადგენს არაწრფივი ტალღური პროცესების თეორიის განვითარებაში წინ გადადგმულ ნაბიჯს. ასეთი არაწრფივი სტრუქტურები ექსპერიმენტალურად დაიმზირებინა დედამიწის მახლობელ კოსმოსურ სივრცეში, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და სხვა გარემოებში.

თეორიული ანალიზისა და რიცხვითი ექსპერიმენტების საფუძველზე შესწავლილია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის (რომლებიც განაპირობებენ განმხოლოებული ურთიერთდაკავშირებული n-სოლიტონურ მდგომარეობას და n- გრიგალურ სისტემებს პლაზმასა და სხვა რთულ უწყვეტ გარემოში, როგორცაა ატმოსფერო, ჰიდროსფერო) ლოკალური სტაციონარული მდგომარეობის ფორმირების პროცესები და მდგრადობის პირობები. გამოკვლეულია მათი არაწრფივი ურთიერთქმედებისა და დაშლის საკითხები, რომლებსაც თან ახლავს განხილული ფიზიკური სისტემის მიერ ენერჯის გამოსხივება. რიცხვითი ექსპერიმენტებისას გამოყენებულ იქნა სათანადო მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი ინტეგრირ-დიფერენციალური განტოლებებისა და დინამიკური სისტემების რიცხვითი ინტეგრების ახალი ეფექტური კოდები. ეს მეთოდიკა ეფუძნება როგორც სასრულ-სხვაობიან მიდგომას, ასევე „დინამიური“ სპექტრალური მიდგომის იდეოლოგიას, რომლებიც ეფექტურია კომპიუტერული თვლის დროითი დანახარჯების მინიმიზაციისათვის.

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებულის სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით,	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)

	პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი		
1	<p>„მულტიმასშტაბური სოლიტონებისა და გრიგალური სტრუქტურების არაწრფივი დინამიკა რთულ უწყვეტ გარემოში“. შოთა რუთაველის სახელობის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი, No. FR17_252</p> <p>საბუნებისმეტყველო</p> <p>1.1 მათემატიკა;</p> <p>1.3 ფიზიკური მეცნიერებანი;</p> <p>პროექტი FR17-252</p>	2017-2020	<p>ო. ხარშილაძე (ხელმძღვანელი)</p> <p>ჯ. როგავა (შემსრულებელი)</p> <p>კ. მანშიაშვილი (შემსრულებელი)</p> <p>ბ. ჩარგაზია (კოორდინატორი)</p>
<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)</p> <p>შესწავლილია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი მულტიმასშტაბური სოლიტონური ტიპისა და ტალღური სტრუქტურების ფორმირება კომპლექსურ გარემოში (ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, იონოსფერული და მაგნიტოსფერული პლაზმური გარემო), სტრუქტურების დაჯახებადი და არადაჯახებადი ურთიერთქმედების დინამიკა, მიღებულია პრობლემის კვლევის თეორიული და რიცხვითი მოდელები. ნაჩვენებია, რომ არაწრფივი გრიგალური სტრუქტურები შეიძლება იყოს მონოპოლური ტიპის, ან გრიგალური ჯაჭვი არაერთგვაროვანი ლოკალური ქარის ფონზე, რაც დამოკიდებულია წანაცვლებითი დინების სიჩქარის სახეზე. ასეთი გრიგალების აკუმულაციას შეუძლია განაპირობოს გარემოს ძლიერი ტურბულენტური მდგომარეობა. ჩატარებულია რიცხვითი სიმულაციები და შესწავლილია სოლიტონური ტიპის მულტიმასშტაბური სტრუქტურების ურთიერთქმედება კომპლექსურ გარემოსთან, რომელიც აღიწერება დინამიკური არაწრფივი შროდინგერის ტიპის განტოლებათა კლასით დისპერსიული და დისიპაციური ეფექტების გაათვალისწინებით.</p> <p>პირველი ეტაპის ფარგლებში გამოვიკვლიეთ და მიღებულია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი სტრუქტურების ფორმირებისა და დაჯახებადი და არადაჯახებადი ურთიერთქმედების დინამიკის თეორიული მოდელები და ასევე გამოკვლეულია რიცხვითი სიმულაციების შესაძლებლობა რთულ, უწყვეტ გარემოში, მათ შორის – იონოსფეროსა და მაგნიტოსფეროს პლაზმაში, რაც წარმოადგენს არაწრფივი ტალღური პროცესების თეორიის განვითარებაში წინ გადადგმულ ნაბიჯს. ასეთი არაწრფივი სტრუქტურები ექსპერიმენტალურად დაიმზირებიან დედამიწის მახლობელ კოსმოსურ სივრცეში, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და სხვა გარემოში.</p> <p>პირველი ეტაპის ფარგლებში თეორიული ანალიზისა და რიცხვითი ექსპერიმენტების საფუძველზე შესწავლილია სოლიტონური და გრიგალური ტიპის (რომლებიც განაპირობებენ განმხოლოებული ურთიერთდაკავშირებული n-სოლიტონურ მდგომარეობას და n- გრიგალურ სისტემებს პლაზმასა და სხვა რთულ უწყვეტ გარემოში, როგორცაა ატმოსფერო, ჰიდროსფერო) ლოკალური სტაციონარული მდგომარეობის ფორმირების პროცესები და მდგრადობის პირობები. ეტაპის ფარგლებში გამოკვლეულია მათი არაწრფივი ურთიერთქმედებისა და დაშლის საკითხები, რომლებსაც თან ახლავს განხილული ფიზიკური სისტემის მიერ ენერჯის გამოსხივება. რიცხვითი ექსპერიმენტებისას გამოყენებულ იქნა სათანადო მრავალგანზომილებიანი არაწრფივი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებებისა და დინამიკური სისტემების რიცხვითი ინტეგრების ახალი ეფექტური კოდები. ეს მეთოდიკა ეფუძნება როგორც სასრულ-სხვაობიან მიდგომას, ასევე „დინამიური“ სპექტრალური მიდგომის იდეოლოგიას,</p>			

რომლებიც ეფექტურია კომპიუტერული თვლის დროითი დანახარჯების მინიმიზაციისათვის.

ჩვენ განვიხილეთ ბელაშოვ-კარპმანის სისტემის მულტიმასშტაბური შესაძლო ამონახსნების შესწავლის მიდგომები, რომელიც როგორც კერძო შემთხვევებს მოიცავს განზოგადებული კადომცევ-ფეტვიაშვილის (GKP) და სამგანზომილებიან (3D) არაწრფივ შრედიფერის განტოლებას წარმოებულიანი არაწრფივობით (3-DNLS). განზოგადებული კადომცევ-ფეტვიაშვილის (GKP) განტოლებისათვის ნებისმიერი არაწრფივობის მაჩვენებლის გათვალისწინებით შესწავლილია ამონახსნების ასიმპტოტების ყოფაქცევა ტალღის გავრცელების მიმართულებით. არაწრფივ შრედიფერის წარმოებულიანი არაწრფივობით (3-DNLS) განტოლების ამონახსნებისთვის ტალღის გავრცელების მიმართულებით ასიმპტოტური ყოფაქცევის ამოცანისთვის შესაძლებელია ერთგანზომილებიან მიახლოებაში პირდაპირ ჩაიწეროს ამოცანის ზუსტი ამონახსნი ცხადი სახით. განზოგადებული კორტევევა დე ვრიზის (KdV) კლასის განტოლებების ჩატარებული თვისობრივი ანალიზის საფუძველზე ნაშრომში ასევე მოყვანილია განზოგადებული კადომცევ-ფეტვიაშვილის (GKP) განტოლებისთვის 8-განზომილებიან ფაზური სივრცეში ფაზური პორტრეტების აგების რამოდენიმე შედეგი.

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი)პროექტისდასახ ელებამეცნიერებისდარგისადასამ ეცნიერომიმართულებისმიითეთე ბით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიითითებით)
1	2	3	4
დასრულებულიკვლევითიპროექტის2018 წლის ეტაპისძირითადითეორიულიდაპრაქტიკულიშედეგებისშესახებვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)			

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი)პროექტისდასახ ელებამეცნიერებისდარგისადასამ ეცნიერომიმართულებისმიითეთე ბით,პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითიპროექტის2018 წლის ეტაპისძირითადითეორიულიდაპრაქტიკულიშედეგებისშესახებვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2	Belashov V. Yu., Belashova E. S., Kharshiladze O. A.	Nonlinear Wave Structures of the Soliton and Vortex Types in Complex Continuous Media: Theory, Simulation, Applications.	// Lecture Notes of TICMI. Vol. 18	90

ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)

მონოგრაფიაში განხილულია უწყვეტ ფიზიკურ გარემოში სოლიტონური და გრიგალური ტიპის არაწრფივი ტალღური სტრუქტურების შეწავლის პრობლემები, ასეთი პროცესების თეორიული ანალიზი და რიცხვითი მოდელირების მეთოდები, რეალურ ფიზიკურ გარემოში გამოყენების მაგალითები, როგორცაა დედამიწის იონოსფერული და მაგნიტოსფერული პლაზმა. წიგნი შედგება ორო ნაწილისგან: სოლიტონური ტალღური სტრუქტურების ანალიზი და უწყვეტ გარემოში გრიგალური სტრუქტურების კვლევის შედეგები. პირველ ნაწილში განხილულია ბელაშოვ-კარჰილადზის განზოგადებული სისტემა, და განზოგადებული კადომცე-ფეტვიაშვილის და წარმოებულია ანალიზი შრედინგერის ტიპის განტოლებების ანალიზი. განხილულია ამ განტოლებების ამონახსნების მდგრადობისა და კლასიფიკაციის პრობლემები ამონახსნების თვისობრივი და ასიმპტოტური ანალიზის მეთოდებით. თეორიის მრავალმხრივი გამოყენების სფეროებიდან მონოგრაფიაში განხილულია რელატივისტური თეორიის გათვალისწინებით დაუმაგნიტებელ პლაზმაში არაწრფივი იონ-აკუსტიკური ტალღების დინამიკის პრობლემები, სამგანზომილებიანი არაწრფივი სწრაფი მაგნეტოაკუსტიკური და ალფენის ტალღების ევოლუცია დედამიწის იონოსფეროსა და მაგნიტოსფეროს დამაგნიტებულ პლაზმაში, ასევე შიდა გრავიტაციული ტალღების და იონოსფერული შემფოთებების დინამიკა იონოსფერულ F-არეში. მეორე ნაწილში მოცემულია გრიგალური სტრუქტურების ევოლუციისა და ურთიერთქმედების რიცხვითი მოდელირების შედეგები, რისთვისაც გამოყენებულია კონტურული

დინამიკის მეთოდი და მისი მოდიფიცირებული ვარიანტი. წარმოდგენილია გრიგალური სტრუქტურების ორი და სამგანზომილებიანი სიმულაციების შედეგები, როგორცაა ატმოსფერული ციკლონური ტიპის სინოპტიკური გრიგალები, და ტორნადოები, ჰიდროდინამიკული ოთხ-გრიგალოვანი ურთირთქმედებები და აგრეთვე ჰიდროდინამიკული გრიგალური და მტვრიანი ნაწილაკების სისტემები. მიღებული შედეგები გამოიყენება იონოსფეროში პლაზმური ღრუბელის და მუტების სისტემებისათვის ერთგვაროვანი მაგნიტური ველის შემთხვევაში და შედეგები მოცემულია ცალკე პარაგრაფში.

მონოგრაფიის ორივე ნაწილში წარმოდგენილი შედეგები შესაზღებელია გამოყენებული იქნას სოლიტონური და გრიგალური ტიპის არაწრფივი ტალღური სტრუქტურების დინამიკის აღსაწერად ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროსა და პლაზმაში. შედეგები კარგ თანხვედრაშია ასეთ პროცესებზე დაკვირვებების შედეგებთან.

მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებული იყოს ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და პლაზმის სოლიტონური და გრიგალური სტრუქტურების დინამიკის შესწავლისთვის.

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოსსახე ლწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1				
2				
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)				

4.4. სტატიებიდიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიისსათა-ური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1					
2					
3					
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)					

4.5. სტატიებიISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2 3	ბ. ჩარგაზია, ო. ხარშილაძე, გ. ზიმბარდო, დ. კვარაცხელია.	Parametrization of Internal-Gravity Waves in the Ionosphere with Nonuniform Shear Flow/ ISSN 1512-0082	<i>Bulletin of TICMI</i> Vol. 22, No. 1, 2018, 11-23	თბილისი, საქართველო	12

ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)

შგ ტალღების იონოსფეროსა და ატმოსფეროს სხვადასხვა შრეებში გენერაციისა და მათი შემდგომი ევოლუციის თავისებურებების გამოკვლევისას გათვალისწინებულ იქნა ადგილობრივ არაერთგვაროვან დინებებთან (ქარებთან) ურთიერთქმედება. ამ პროცესის გამოკვლევისას გაოყენებულ იქნა არამოდალური მათემატიკური ანალიზი. ამ მეთოდით მოცემულ გარემოში (იონოსფეროში, მაგნეტოსფეროში) ტალღა-დინებების (ქარების) წრფივი ურთიერთქმედების აღმწერი მათემატიკური მოდელი (კერძოწარმოებულიანი წრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა) დაიყვანება პირველი ხარისხის (დროის მიხედვით) ჩვეულებრივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემაზე. პრობლემა დადის კომის ტიპის საწყისი ამოცანის დასმაზე. ჩატარებულ იქნა რიცხვითი სიმულაცია, გამოვლენილ იქნა შგ ტალღების გაძლიერების მექანიზმი. მიღებული შედეგები ასახულია სათანადო პუბლიკაციებში და მოხსენებულა საერთაშორისო კონფერენციებში.

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1 2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელ- წოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1				
2				
3				
ვრცელიანოტაცია (ქართულენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიისსათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემისადგილი, გამომცემლობა	გვერდებისრაოდენობა
1	Problem of stability of multidimensional solutions of the BK class equations in space plasma	https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.04.001	Advances in Space Research, 2018. V. 62, issue 1, pp. 65-70.	ELSEVIER	5
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)					
<p>გამოკვლეულია ბელაშოვ-კარპმანის კლასის განტოლებების მრავალგანზომილებიანი ამოხსნების მდგრადობის პრობლემა, რომლებიც აღწერენ პლაზმის დაბალსიხშირული რხევების შტოს მიერ აღძრულ არაწრფივ ტალღებს. ერთი მხრივ განხილულია სწრაფი მაგნიტობგერითი ტალღების დინამიკა და ასევე მოცემულია სასრულ ამპლიტუდიანი ალფენის ტალღების დინამიკა, რომლებიც ვრცელდებიან მაგნიტური ველის თითქმის პარალელურად, რომელთა დინამიკა აღიწერება სამგანზომილებიანი შრედიინგერის წარმოებულნიანი განტოლებით. ორივე შემთხვევაში ამ განტოლებების ამონახსნების მდგრადობის პრობლემა შეისწავლება ჰამილტონიანის შესწავლის მეთოდით, ვარიაციული ამოცანის ამოხსნის გზით.</p>					

6. სამეცნიეროფორუმებისმუშაობაშიმონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროადადგილი
1	ბ. ჩარგაზია, ო. ხარშილაძე	ილია ვეკუას სახელობის გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის სემინარის XXXII საერთაშორისო გაფართოებული სხდომები	18-20 აპრილი, 2018, თბილისი საქართველო

		VIAM TSU, http://www.viam.science.tsu.ge/enlarged/2018/	
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროდაადგილი
2	ბ. ჩარგაზია, ო.ხარშილაძე	საქართველოს მექანიკოსთა კავშირის IX ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია, https://www.atsu.edu.ge/index.php/announces/581-saqartvelos-meqanikosta-kavshiris-ix-saertashoriso-konferencia	2018 წლის 11-13 ოქტომბერი, ქუთაისი, საქართველო
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროდაადგილი
3	ბ. ჩარგაზია, ო.ხარშილაძე	საქართველოს მათემატიკოსთა კავშირის IX ყოველწლიური საერთაშორისო კონფერენცია, http://www.gmu.ge/Batumi2017/index_Geo.html	ბათუმი, 3-7 სექტემბერი
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

6. 2.უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროდაადგილი
1	ბ. ჩარგაზია, ო.ხარშილაძე, გ. ზიმბარდო, დ. კვარაცხელია, ნ. ჯავახიშვილი, ქ. გომიაშვილი.	European Planetary Science Congress V. 12, 2018; https://meetingorganizer.copernicus.org/EPSC2018/EPSC2018-4.pdf	16–21 September 2018 Berlin , Germany
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროდაადგილი
2	ბ. ჩარგაზია, ო.ხარშილაძე	Proceedings of The IIER Conferences - International Conference on Applied Physics and Mathematics (ICAPM)	II-APMCANES-13118-13280 Nagoya, Japan , 8th - 9th October, 2018, Conference of 495th ICAPM -2018
მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენებისსათაური	ფორუმისჩატარების დროდაადგილი
3	Kharshiladze O.A., Rogava J.	J. Astrophysics and Aerospace	Proc. of 4th Intern. Conf. on

	Belashov V.Yu.	Technology, 2018. V. 6. P. 38. https://astrophysics.conferenceseries.com/#homeCarousel	Astrophysics and Particle Physics, Dec. 3-5, 2018, Chicago, USA
მოსხენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოსხენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
4	Kharshiladze O.A. Belashov V.Yu.	J. Astrophysics and Aerospace Technology, 2018. V. 6. P. 50. https://astrophysics.conferenceseries.com/#homeCarousel	Proc. of 4th Intern. Conf. on Astrophysics and Particle Physics, Dec. 3-5, 2018, Chicago, USA.
მოსხენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოსხენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
5	ხ. ჩარგაზია, ო. ხარშილაძე, გ. ზიმბარდო, დ. კვარაცხელია, ნ. ჯავახიშვილი, ქ. გომიაშვილი.	https://meetingorganizer.copernicus.org/EPSC2018/EPSC2018-4.pdf	ევროპულ პლანეტარულ მეცნიერებათა კონგრესი ტ. 12, 2018; 16-22 სექტემბერი, ბერლინი, გერმანია, 2018
მოსხენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			
№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოსხენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
6	Kharshiladze O.A. Belashov V.Yu. Rogava J	Interaction of the multidimensional NLS solitons in non-uniform and nonstationary medium: J. Astrophysics and Aerospace Technology, 2018. V. 6. P. 38.	Proc. of 4th Intern. Conf. on Astrophysics and Particle Physics, Dec. 3-5, 2018, Chicago, USA.
მოსხენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

ანგარიშის ფორმა № 2

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში

უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება:

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სასწავლო სამეცნიერო ლაბორატორია

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის მითითებით

იური თევზაძე- ლაბორატორიის გამგე

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
	მალენერგიულ π^+ , π^0 , π^- და $A_i A_f$ - დაჯახებებში კუმულატიური პროცესების და π^\pm -მეზონების მრავალნაწილაკოვანი აზიმუტალური კორელაციების შესწავლა. მეცნიერება, ფიზიკა (6-200) ატომბირთვის და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა).	2018-2021	1.პროექტის ხელმძღვანელი - იური თევზაძე, თემატიკის შერჩევა და შედეგების ანალიზი; 2.ლ.ჩხაიძე-ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება და ანალიზი; 3.ლ.ახობაძე-პროგრამება და ინფორმაციის მიღება; 4.ლ.ხარხელაური-ინფორმაციის მიღება, დამუშავება და ორგანიზაციული საკითხები; 5.თ.ჯობავა-მონაცემების ანალიზი; 6.ლ.აბესალაშვილი-ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება.

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1.1^ა მაღალ ენერგიებზე მძიმე იონების დაჯახებებში მრავალწლიანი კორელაციების შესწავლისას დამზერილი კოლექტიური გამოდინების ეფექტი (**კვე**) აღმოჩნდა განსაკუთრებით მგრძობიარე ბირთვული მატერიის მდგომარეობის განტოლების (**ბმმგ**, **EOS**) (H. Stocker et al., Nucl.Phys 1992, v.538, p.53) მიმართ, რომლის ცოდნაც იძლევა ინფორმაციას მრავალი ასტროფიზიკური მოვლენისა და ადრეული სამყაროს ევოლუციის შესახებ. მიმართული გამოდინება რეაქციის სიბრტყეში, განპირობებულია დაჯახებისას წარმოქმნილი მაღალი წნევით (H. Stocker et al., Phys. Rev. Lett 1980, v.44, p.725), ხოლო ელიფსური გამოდინება – მათი გადაფარვის ცხელი ზონიდან მატერიის გადმოდინებით რეაქციის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული მიმართულებით (H. Stocker et al., Phys.Rev.C 1982, v.25, p.1873). **კვე**-ის შესწავლისას დიფერენციალური გამოდინების ანალიზი (**დგა**) თერმული მოდელით (B. A. Li, C. M. Ko and G. Q. Li, Phys. Rev. C 1996, v.55 p.844) რელატივისტური ბირთვ-ბირთვული რეაქციების თეორიების შემოწმების უფრო მყარ საფუძველს იძლევა. ერთი და იმავე ტიპის მეორად ნაწილაკებს შორის მრავალწლიანი აზიმუტალური კორელაციების (**მაკ**) შესწავლით მიიღება ინფორმაცია ურთიერთქმედების პროცესის განცითარებაზე დროსა და სივრცეში (H. A Gustafsson et al., Z. Phys. 1985, v.321A, p.389; H. R. Schmidt et al., Nucl. Phys. 1992, A544, p.449; T. C. Awes et al., Phys. Lett. 1996, B381, p.29). **ბმმგ**-ის დაზუსტების მიზნით **კვე** განსაკუთრებით საინტერესოა გადასვლის ენერგიის ($E_{\pi} \sim 4$ გევ/ნუკლ) ახლომდებარე არეში, სადაც ნანახია ელიფსური გამოდინების ნიშნის შეცვლა. ამდენად, გასაგები ხდება ამ ენერგიების რეგიონში ჩვენს მიერ მიღებული **კვე**-ის შედეგების აქტუალობა. მაღალ ენერგიებზე მძიმე იონების ექსპერიმენტების მთავარი მიზანი ბირთვული მატერიის თვისებების გამოკვლევისას არის ბირთვული მატერიის მდგომარეობის განტოლების (**ბმმგ**) დადგენა, ფაზური გადასვლის (კვანტური ქრომოდინამიკა, **კქდ**) დაფიქსირება და კვარკ-გლუონური პლაზმის (**კგპ**) - ნივთიერების ახალი მდგომარეობის იდენტიფიკაცია.

ექსპერიმენტული მასალა მიღებული ფილმური დეტექტორების საშუალებით, დამზერილი 4π გეომეტრიაში (**SKM-200—GIBS** მაგნიტურ სპექტრომეტრები – Mg-Mg (14000, 4.5 Aგევ/c), C-Cu (1203, 4.3 Aგევ/c)), **PBC-500** პროპანის ორმეტრიანი ბუშტოვანი კამერა – (p, d, He, C)-(C. Ta)) ქ. დუბნის ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტის მაღალი ენერგიების ლაბორატორია და ქ. პროტვინოში, მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტი (π -C– 8671 , π p–12765 და π n–3986, 40 გევ/c) . ეს მონაცემები დღესაც აქტიურად გამოიყენება მსოფლიოს სხვადასხვა სამეცნიერო ცენტრში ახალი ექსპერიმენტების დაგეგმვისა და განხორციელების დროს აღნიშნულ ენერგიებზე არსებული მწირი ინფორმაციის გამო. ა

ამრიგად, 2018 წელს გაგრძელდა შესწავლა შემდეგი ამოცანების:

1. კოლექტიური ეფექტების შესწავლა f^{\pm} -(C, p, n) დაჯახებებში 40 გევ/c იმპულსის დროს f^{\pm} და f^{\pm} მეზონებისათვის

კოლექტიური გამოდინების ეფექტები (**კვე**) შესწავლილ იქნა π^{\pm} -(C, p, n) დაჯახებებში 40 გევ/c იმპულსის დროს π^{\pm} და π^{\pm} მეზონებისათვის პ. დანიელევიჩისა და გ. ოდუნიეცის სტანდარტული განივი იმპულსების მეთოდით (გიმ). **გიმ**-ის მიხედვით **კვე** შეისწავლება რეაქციის სიბრტყის მიმართ, რომელიც აიგება ყოველი ნაწილაკისთვის რომლის განსაზღვრაშიც არ შედის თვით ეს ნაწილაკი

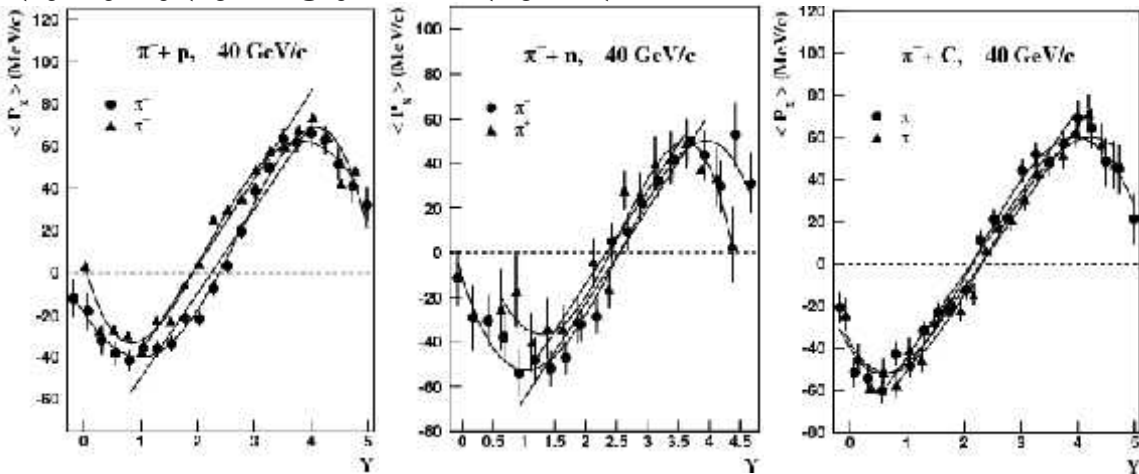
$$Q_j = \sum_{i \neq j} \omega_i P_{Ti} \quad (1),$$

სადაც i არის ნაწილაკის ინდექსი და ω_i არის წონა. თითოეული ნაწილაკის განივი იმპულსის მდგენელი რეაქციის სიბრტყეში არის

$$P_{xj} = \sum_{i \neq j} \omega_i \cdot (P_{Ti} \cdot P_{Tj}) / |Q| \quad (2)$$

ე.წ. „გამოდინების პარამეტრი“ $F=d\langle P_x \rangle / d(y)$, იმპულსური განაწილების დახრა საშუალო სისწრაფეზე. აღსანიშნავია, რომ ე.წ. „რეაქციის სიბრტყე“ აღნიშნულ კვლევაში განისაზღვრა ამავე ნაწილაკების მეშვეობით (Phys. J. A1, 299-306, 1998; Physics of Atomic Nuclei, v. 75, N7, pp. 811-817, 2012).

$\pi^-(C, p, n)$ დაჯახებებში მიღებული კოლექტიური ეფექტების მახასიათებლები შედარდა ჩვენს მიერ ადრე ნუკლონ-ბირთვულ და ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში მიღებულ და მსოფლიოს წამყვან სამეცნიერო ცენტრებში (BEVALAC, GSI/SIS, JINR, AGS და CERN/SPS) მიღებულ შედეგებს და ნაწილობრივ შესაძლებელი გახდა მრავალნაწილაკოვანი კორელაციების რაოდენობრივი მახასიათებლების ზოგადი კანონზომიერების დადგენა. როგორც მოსალოდნელი იყო, დამზერილ იქნა პიონების **ახალი ტიპის კორელაცია**. ფაზურ სივრცეში გამოყოფილ იქნა მიმართულება (ღერძი), რომლის მიმართაც დამზერილ იქნა პიონების მკვეთრად გამოხატული კორელაცია. სწორედ ამ ეფექტების შემოწმება ჩატარდა პირველად ნუკლონ-ნუკლონური და ნუკლონ-ბირთვული დაჯახებებისათვის, ანუ განსხვავებულ „ბირთვულ გარემოში“. არსებულ სხვადასხვა ექსპერიმენტების მონაცემებს შორის **პირველად ყველაზე მსუბუქი** სისტემებისთვის $\pi^-(C, p, n)$ (40 გეე/ც) ურთიერთქმედებებში დადგინდა ე.წ. გამოდინების მახასიათებელი პარამეტრის სიდიდე F და ნაწილაკთა კორელაციის ბუნება (ნახ. 1 და ცხრილი 1)



ნახ. 1. $\pi^-(p, n, C)$ დაჯახებებში (40 AGeV/c) $\langle p_x(y) \rangle$ -ის y -სისწრაფეზე დამოკიდებულება π^- (●) და π^+ (▲) მეზონებისათვის, შესაბამისად. წრფეები შეესაბამება ექსპერიმენტული მონაცემების პირველი რიგის პოლინომით აღწერის შედეგს სისწრაფის გარკვეულ ინტერვალში. შედეგების თვალნათლივი წარმოდგენისათვის მოყვანილია ექსპერიმენტული მონაცემების მე-4 რიგის პოლინომით აღწერის მრუდები.

ცხრილი 1. $\pi^-(p, n, C)$ დაჯახებებში π^- და π^+ -მეზონების კოლექტიური გამოდინების პირველი (F) და მეორე (a_2) რიგის მახასიათებლები.

	N_{exp}	$N_{f>}$	N_{f+}	$F_{f>}$ (MeV/c)	F_{f+} (MeV/c)	$a_{f>}$	a_{f+}
π^-p	12765 5706	34698 20446	32066 18273	40.0 ± 1.2	39.2 ± 2.3	-0.058 ± 0.009	-0.060 ± 0.010
π^-n	3986 930	11336 6731	7128 3210	42.6 ± 2.4	41.8 ± 4.6	-0.064 ± 0.012	-0.061 ± 0.024
π^-C	8671 5655	30350 21253	32751 23314	39.0 ± 1.4	38.6 ± 1.5	-0.080 ± 0.008	-0.083 ± 0.007

მიღებული შედეგების თავისებურებებიდან გამომდინარე, ასევე შესწავლილ იქნა რეაქციის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული მიმართულებით „გადმოდინება“ ანუ ელიფსური

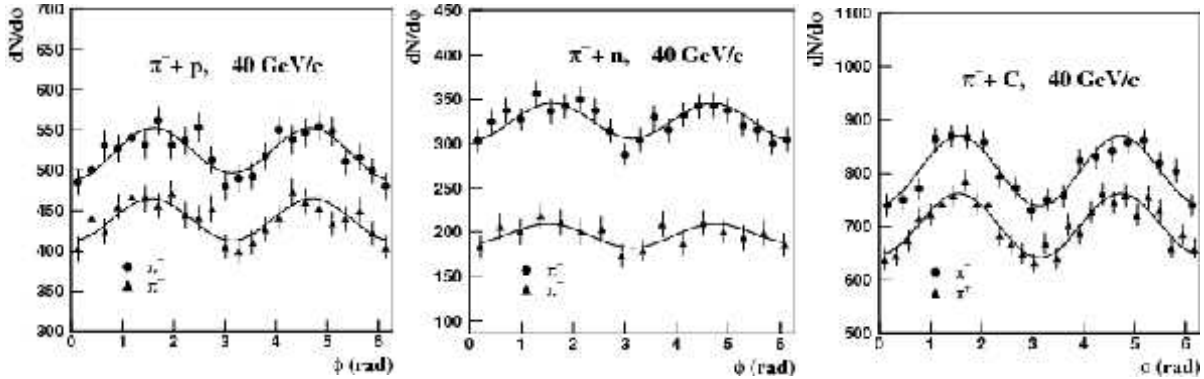
გამოდინება – კორელაციური ეფექტების მეორე რიგის მახასიათებელი. მიღებულ იქნა შესაბამისი აზიმუტალური (ϕ) კუთხური განაწილებები, სადაც ϕ არის შემთხვევაში ყოველი ნაწილაკის განივი იმპულსის მიერ რეაქციის სიბრტყესთან შედგენილი კუთხე

$$\cos\phi = P_x / P^0 \quad (3)$$

დამზერილ იქნა მაქსიმუმი $\phi=90^\circ$ კუთხეზე (ნახ. 2) განხილულ ურთიერთქმედებებში, რაც მიანიშნებს სწორედ ნაწილაკების გამოსხივებაზე რეაქციის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული მიმართულებით. აზიმუტალური კუთხური (ϕ) განაწილებები აღიწერა მეორე რიგის პოლინომით

$$dN/d\phi = a_0(1 + a_1 \cos\phi + a_2 \cos 2\phi) \quad (4)$$

და დადგინდა „ელიფსური გამოსხივების“ სიძლიერის საზომი a_2 პარამეტრი.



ნახ. 2. π^- (p, n, C) დაჯახებებში (40 AGeV/c) აზიმუტალური კუთხური განაწილებები რეაქციის სიბრტყის მიმართ π^- (●) და π^+ (○) მეზონებისათვის, შესაბამისად. მრუდები წარმოადგენენ ექსპერიმენტული მონაცემების $dN/d\phi = a_0(1 + a_1 \cos\phi + a_2 \cos 2\phi)$ აღწერის შედეგებს.

ამრიგად, f^+ -(C, p, n) დაჯახებებში 40 გეე/c იმპულსის დროს f^+ და f^- მეზონებისათვის კოლექტიური გამოდინების ეფექტების (კგე) შესწავლისას დადგენილ იქნა, რომ:

ა) დადებითი და უარყოფითი პიონების განივი გამოდინების პარამეტრი (F) უმნიშვნელოდ იცვლება პიონების ნიშანის ცვლილებისას და ცდომილების ფარგლებში თითქმის ერთნაირია მეზონებისათვის ყველა დაჯახებებში, კერძოდ:

π^- -მეზონებისათვის: (40.0 ± 1.2) MeV/c (π^- p) და (39.0 ± 1.4) MeV/c (π^- C)

π^+ -მეზონებისათვის: (39.2 ± 2.3) MeV/c (π^+ p) და (38.6 ± 1.5) MeV/c (π^+ C)

ბ) ამასთან π^- (p, n, C) დაჯახებებში არ შეიცვალა ნიშანი ელიფსურმა გამოდინებამ. „ელიფსური გამოსხივების“ სიძლიერის საზომი a_2 პარამეტრის აბსოლუტური სიდიდე იზრდება სამიზნის მასური რიცხვის ზრდისას და თითქმის ერთნაირია ცდომილების ფარგლებში π^- და π^+ მეზონებისათვის.

მიღებული შედეგების საფუძველზე მომზადდა შრომა, რომელის გაიგზავნება საქართველოს მეცნ.

აკად. ჟურნალში „მომამბე“: **Study of the collective flows of pions in f^+ (p, n, C) collisions at momentum of 40 GeV/c - L. Chkhaidze, T. Djobava and L. Kharkhelauri (TSU, HEPI)**

2. (p, d, He, C)-(C, Ta) ურთიერთქმედებებში ერთი და იმავე ტიპის მეორადი ნაწილაკებისთვის (პროტონები, პიონები) მრავალნაწილაკოვანი აზიმუტალური კორელაციების შესწავლა სამიზნის ფრაგმენტაციის არეში.

p, d, He, C)-(C, Ta) ურთიერთქმედებებში შესწავლილ იქნა პროტონებს შორის და პიონებს შორის მრავალნაწილაკოვანი აზიმუტალური კორელაციები (მაკ) სამიზნის ფრაგმენტაციის არეში. როგორც ცნობილია, მაკ-ის შესწავლის ერთ-ერთი საინტერესო მეთოდია $C(\Delta\phi)$ კორელაციის ფუნქციის შესწავლა სისწრაფის ფიქსირებული მნიშვნელობით დაყოფილ ორ ნახევარსფეროში გამოდინებული ნაწილაკების განივი იმპულსების ჯამირ ვექტორებს შორის $\Delta\phi$ -კუთხისაგან. ე.წ. „წინა“ ($y_i < \langle y \rangle$) და „უკანა“ ($y_i \geq \langle y \rangle$) ნახევარსფეროებში გამოსხივებული ერთი და იმავე ტიპის ნაწილაკებისათვის განისაზღვრება განივი იმპულსების ჯამური ვექტორები:

$$Q_B = \sum_{y_i < y_0} P_{Li} \quad (5)$$

და

$$Q_F = \sum_{y_i \geq y_0} P_{Li}, \quad (6)$$

სადაც არის $y_i \leq 1.33$, ხოლო $y_0 = 0.2$. რამდენადაც პროტონების სამიზნის სისწრაფის განაწილებებს მაქსიმუმები აქვთ $y_0 = 0.2$ (Kampert K.H. et al., Nucl. Phys., A544, 183c (1991) და გაჩნდა მოსაზრება, რომ სამიზნის „ფაიერბოლი“ მოძრაობს სწორედ $y_0 = 0.2$ სისწრაფით. ასევე აღსანიშნავია ის ექსპერიმენტული ფაქტი, რომ სისწრაფის $0.1 \leq y_0 \leq 0.3$ ინტერვალში y_0 -ის ცვლილება არ ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას კორელაციის ფუნქციის სიდიდეზე. კორელაციის ფუნქცია აგებულია შემდეგნაირად

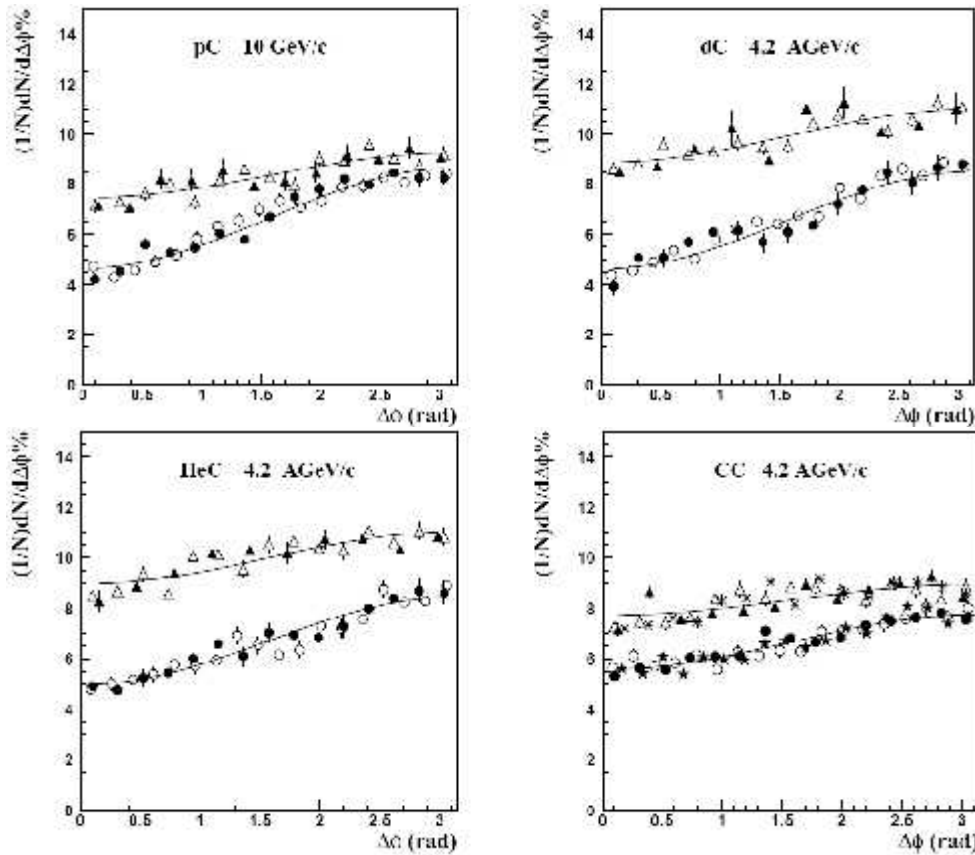
$$C(\Delta\phi) = dN/d(\Delta\phi) \quad (7),$$

სადაც

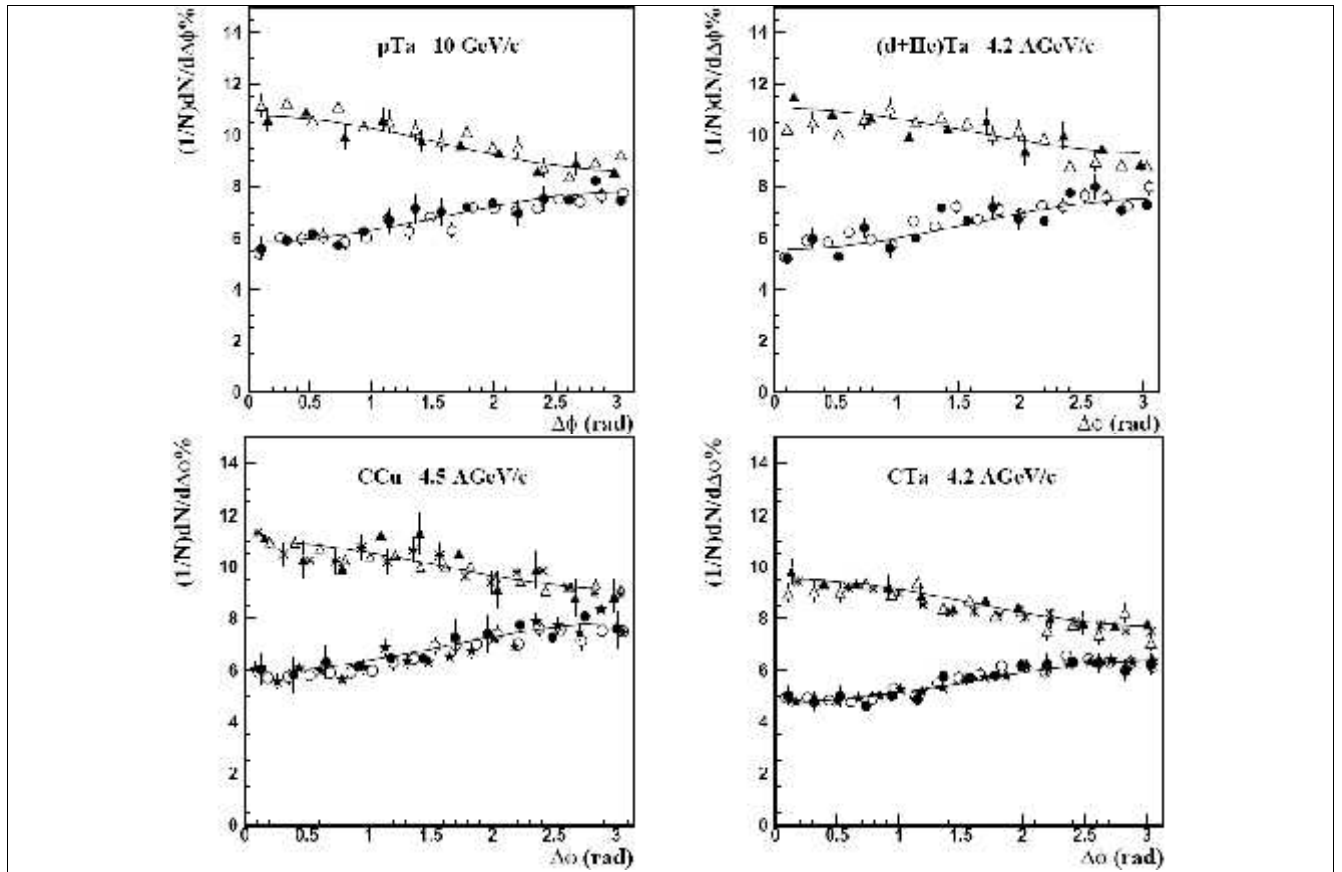
$$\Delta\phi = \arccos(Q_B \cdot Q_F) / (|Q_B| \cdot |Q_F|) \quad (8)$$

განმარტების თანახმად (Gustafsson H.A. et al., Z. Phys., A321, 389, 1985; Schmidt H.R. et al., Nucl. Phys., A544, 449, 1992) განასხვავებენ ორ შემთხვევას: $C(\Delta\phi)$ იზრდება $\Delta\phi$ -სთან ერთად და 180° -ზე აღწევს მაქსიმუმს (back-to-back) ითვლება უარყოფით კორელაციად და $C(\Delta\phi)$ მცირდება $\Delta\phi$ -სთან ერთად და 180° -ზე აღწევს მინიმუმს (side-by-side) - დადებით კორელაციად.

აღნიშნული მეთოდით მიღებულ იქნა შესაბამისი განაწილებები p, d, He, C + C, p, d, He, C + Ta და C + Ne, Cu დაჯახებებში, რომლებიც რაოდენობრივი შეფასების მიზნით აღიწერა $1 + \xi \cos(\Delta\phi)$ -ფუნქციით (ნახ. 3, 4). დადგინდა მრავალნაწილაკოვანი კორელაციების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი $\xi = C(0^\circ) / C(180^\circ)$ კორელაციის პარამეტრი (ცხრილი 2.). ამ მეთოდით მიღებულ იქნა ინფორმაცია ურთიერთქმედების პროცესის განვითარებაზე დროსა და სივრცეში.



ნახ. 3. $C(\Delta\phi)$ -კორელაციის ფუნქციის დამოკიდებულება $\Delta\phi$ -სგან პროტონებისა და პიონებისათვის ექსპერიმენტული (•) და მოდელირებულ (UrQMD) (○, △) (pC, dC, HeC, CC), QGSM (*, ★) (CC) დაჯახებებში, შესაბამისად. მრუდები წარმოადგენენ $1 + \xi \cos(\Delta\phi)$ - ფუნქციით აღწერის შედეგებს.



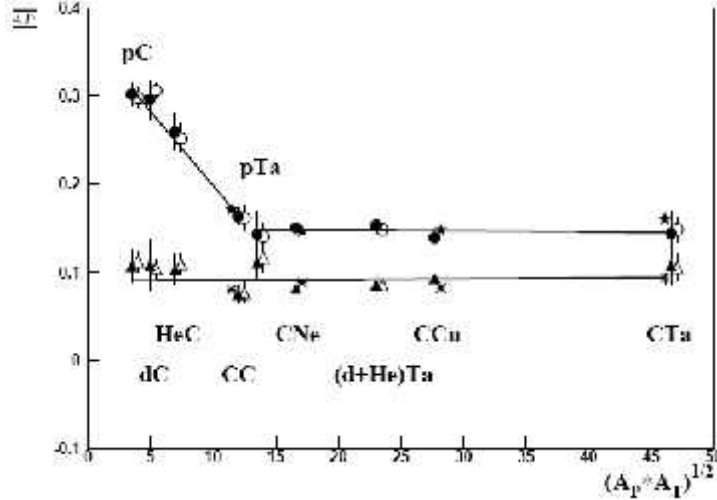
ნახ. 4. $C(\Delta\phi)$ -კორელაციის ფუნქციის დამოკიდებულება $\Delta\phi$ -სგან პროტონებისა და პიონებისათვის ექსპერიმენტულ (\bullet , \circ) და მოდელირებულ (UrQMD) (Δ , \circ) (pTa, (d+He)Ta, CTa), QGSM (\ast , \star) (CCu, CTa) დაჯახებებში, შესაბამისად. მრუდები წარმოადგენენ $1+\xi\cos(\Delta\phi)$ - ფუნქციით აღწერის შედეგებს.

ცხრილი 2. ექსპერიმენტული და მოდელირებული (UrQMD and QGSM) შემთხვევები (N_{events}) დაკორელაციის კოეფიციენტის (ξ) მნიშვნელობები პროტონებისა და პიონებისათვის და ნაწილაკების სრული მრავლობითობები.

A_P, A_T	N_{events}	ξ_{pro}	ξ_{pion}	$\langle n_{total} \rangle$	$\sqrt{A_P \cdot A_T}$
pC	exp. 16509	0.302 ± 0.013	0.107 ± 0.019	5.68 ± 0.06	3.50
	UrQMD 50191	0.298 ± 0.012	0.112 ± 0.012		
dC	exp. 4581	-0.296 ± 0.022	-0.108 ± 0.028	5.51 ± 0.09	4.93
	UrQMD 27502	-0.306 ± 0.009	-0.104 ± 0.010		
HeC	exp. 9737	0.259 ± 0.021	0.103 ± 0.018	6.46 ± 0.07	6.93
	UrQMD 31716	0.252 ± 0.016	0.109 ± 0.012		
CC	exp. 15962	-0.163 ± 0.010	-0.075 ± 0.011	7.94 ± 0.06	12.00
	UrQMD 35751	-0.161 ± 0.014	-0.076 ± 0.012		
CCu	QGSM 36495	-0.174 ± 0.009	-0.080 ± 0.010		12.00
	exp. 2342	-0.143 ± 0.027	0.111 ± 0.021	8.23 ± 0.21	
pTa	UrQMD 7230	0.140 ± 0.014	0.116 ± 0.015		13.50
	exp. 723	-0.150 ± 0.030	-0.081 ± 0.015	8.23 ± 0.21	
CNe	UrQMD 10000	-0.151 ± 0.017	-0.085 ± 0.008	15.94 ± 0.73	16.60
	QGSM 16637	-0.147 ± 0.018	-0.088 ± 0.014		
(d+He)Ta	exp. 2956	-0.153 ± 0.022	0.086 ± 0.024	8.54 ± 0.18	23.00
	UrQMD 17629	0.148 ± 0.012	0.085 ± 0.014		
CCu	exp. 663	-0.139 ± 0.035	0.093 ± 0.022	18.34 ± 0.71	27.70
	UrQMD 10000	-0.146 ± 0.015	0.088 ± 0.007		
CTa	QGSM 8347	-0.148 ± 0.015	0.082 ± 0.017		27.70
	exp. 2469	-0.144 ± 0.025	0.108 ± 0.022	11.20 ± 0.16	
CTa	UrQMD 9130	0.148 ± 0.014	0.105 ± 0.016		46.60
	QGSM 9721	0.160 ± 0.006	0.093 ± 0.006		

ასევე გამოკვლეულ იქნა $|\xi|$ -კორელაციის კოეფიციენტის დამოკიდებულება $(A_P+A_T)^{1/2}$ -დამცემი და

სამიზნის ბირტვების მასური რიცხვებისაგან პროტონებისა და პიონებისათვის pC, dC, HeC, CC, pTa, CNe, (dHe)Ta, CCu და CTa დაჯახებებში ექსპერიმენტული და მოდელირებული (UrQMD, QGSM) მონაცემებისათვის (ნახ. 5).



ნახ. 5. $|\xi|$ -კორელაციის კოეფიციენტის დამოკიდებულება $(A_P + A_T)^{1/2}$ -დამცემი და სამიზნის ბირტვების მასური რიცხვებისაგან პროტონებისა (ზედა) და პიონებისათვის (ქვედა) pC, dC, HeC, CC, pTa, CNe, (dHe)Ta, CCu და CTa დაჯახებებში ექსპერიმენტული (•) და მოდელირებული (UrQMD) (◊, Δ), QGSM (*, ★) მონაცემებისათვის, შესაბამისად.

ამრიგად, (p, d, He, C)-(C, Ta) ურთიერთქმედებებში ერთი და იმავე ტიპის ნაწილაკებს შორის (პროტონებს, პიონებს) მრავალნაწილაკოვანი აზიმუტალური კორელაციების (მაკ) შესწავლისას სამიზნის ფრაგმენტაციის არეში დადგენილ იქნა, რომ:

- ა) პროტონებისათვის მიიღება უარყოფითი (back-to-back) კორელაციები. $|\xi|$ -კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა მცირდება A_T -სამიზნის მასური რიცხვის ზრდისას ნუკლონ-ბირთვულ დაჯახებებში (0.302 ± 0.013)-დან (p+C) (0.143 ± 0.027)-მდე (p+Ta) $10 \text{ GeV}/c$ -ზე; რაც შეეხება ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებს $|\xi|$ თავდაპირველად წრფივად იზრდება (A_P, A_T)-დამცემი და სამიზნე ბირთვების მასური რიცხვების ზრდისას (0.296 ± 0.022)-დან (d+C) (0.150 ± 0.030)-მდე (C+Ne) და შემდეგ არ იცვლება (A_P, A_T)-გაზრდისას;
- ბ) პიონებისათვის მიიღება ისეთივე უარყოფითი კორელაციები (back-to-back), როგორც პროტონებისათვის მსუბუქ სისტემებში p, (d+He), C + C და C + Ne (მსუბუქი სამიზნეები - C, Ne), ხოლო შედარებით მძიმე, ასიმეტრიულ წყვილებში p, d, He, C + Ta და C+Cu (მძიმე სამიზნეები - Cu, Ta) - დადებითი კორელაციები (side-by-side). კორელაციის კოეფიციენტი ($|\xi|$) უმნიშვნელოდ იცვლება იმპულსის ზრდისას და თითქმის არ იცვლება (A_P, A_T)-ცვლილებისას: $|\xi| = 0.107 \pm 0.019$ (p+C) და თითქმის იგივე რჩება (C+Ta)-თვის;
- გ) პროტონებისათვის კორელაციის კოეფიციენტი თითქმის არ იცვლება 50, 100, 130 და 200 მევ/ც განივი იმპულსით ჩამოჭრისას, ხოლო პიონებისათვის უკვე არაფიზიკური შედეგები მიიღება 50 მევ/ც განივი იმპულსით ჩამოჭრისას;
- დ) აღნიშნულ ურთიერთქმედებებში ორივე მოდელი (UrQMD და QGSM) დამაკმაყოფილებლად აღწერს ექსპერიმენტულ შედეგებს ცდომილების ფარგლებში.

მიღებული შედეგების საფუძველზე მომზადდა შრომა „**Study of Azimuthal Correlations in the Target Fragmentation Region in p, d, He, C + C, Ta and C+Ne, Cu Collisions at a Momentum of 4.2, 4.5 and 10**

1.1^b შეისწავლება π -C - დაჯახებებში წარმოქმნილი ხისტი და რბილი პროცესების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები (სკმ). ნაჩვენებია, რომ ხისტი პროცესების წარმოქმნაში მთავარ

როლს ასრულებენ ე.წ. ფლუქტონები -FL, რომლებზეც გაბნევის შედეგად მიიღებიან ე.წ. jet- π^\pm მეზონების ჭავლები (Lab-სისტემაში უკან მიმდრინავი π^\pm -მეზონები). FL-ფლუქტონები განაპირობებენ იმას, რომ $N_{ev}(H)$ და $N_{ev}(S)$ - ხისტ და რბილ პროცესებში წარმოქმნილი π^\pm მეზონების სკმ ერთმანეთისაგან არსებითად განსხვავდებიან .

მაღალი ენერგიების ფიზიკის (ან, ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის) ერთ-ერთი საინტერესო ამოცანაა hA_t და $A_t A_t$ -ადრონ-ბირთვულ და ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში წარმოქმნილი ხისტი და რბილი პროცესების განცალგება და აქ წარმოქმნილი მეორადი ნაწილაკების (ჩვენ შემთხვევაში π^\pm მეზონების) სკმ შედარება და ანალიზი. ექსპერიმენტული მასალა მიღებულია PBC-500 პროპანის 2-მეტრიანი ბუმტოვანი კამერის საშუალებით. PBC-500 შეიქმნა ქ.დუბნაში ბირთვული კვლევების გაერთიანებულ ინსტიტუტში ვექსლერის და ბალდინის სახელობის ლაბორატორიაში (Dubna, JINR). დეტექტორი დასხივებული იქნა პროტონის მაღალი ენერგიების ლაბორატორიაში ამაჩქარებელზე $40\text{GeV}/c$ π^- მეზონებით. მეთოდური საკითხები დაკავშირებული ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებასთან და ანალიზთან იხილეთ [1-6].

ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზი

კუმულატიური პროცესების გამოყოფა დაკავშირებულია შემთხვევაში ე.წ. კუმულატიური ნაწილაკის (ჩვენ შემთხვევაში π^\pm - მეზონების) წარმოქმნასთან. კუმულატიურია π^\pm -მეზონი თუ ის მიდრინავს Lab-სისტემაში უკან (ე.ი. $\Theta_L > 90\text{degr}$).

პროცესი ითვლება კუმულატიურად თუ წარმოქმნილი მეორადი ნაწილაკებს შორის არიან ნაწილაკები, რომელთა სკმ-ი არ ემორჩილებიან NN-ნუკლონ-ნუკლონის გაბნევის კინემატიკას.

კუმულატიური ნაწილაკების წარმოშობა (და შესაბამისად ხისტი- $N_{ev}(H)$ პროცესების არსებობა) დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვში (ჩვენ შემთხვევაში (C-ნახშირბადი)) FL - ფლუქტონების წარმოქმნასთან. FL-მრავალკვარკიანი სისტემა [14] წარმოიქმნება სამიზნეში ნუკლონების საშუალო სიმკვრივის ლოკალურ თვითფლუქტუაციის შედეგად, როდესაც 2 ან მეტი ნუკლონი დროის ძალიან მცირე შუალედში ქმნის ერთიან სისტემას. დამცემი ნაწილაკი (ან, ბირთვში წარმოქმნილი ნაწილაკი) ურთიერთქმედებს FL -ფლუქტონთან (რომლის ზომა $1\text{ფერმი}=10^{-13}\text{cm}$) და გაბნევის შედეგად წარმოიქმნებიან კუმულატიური ნაწილაკები - π^\pm - ლაბორატორიულ სისტემაში უკან მიმდრინავი π^\pm -მეზონები, რომლებიც ქმნიან jet- ჭავლებს (და შესაბამისად მიიღებიან ე.წ. $N_{ev}(H)$ -ხისტი პროცესები) [7-9].

$N_{ev}(H)$ - ხისტი პროცესების წარმოქმნა დაკავშირებულია დამჯახებელი ობიექტების q -კვარკებისა და g -გლუონების ხისტ ურთიერთქმედებასთან (ე.ი. $A_t FL$ -დამჯახებელი (დამცემი) ნაწილაკის და ფლუქტონის დაჯახებასთან) [7-9]. შემთხვევა სადაც არ არის არცერთი კუმულატიური ნაწილაკი (ჩვენ შემთხვევაში π^\pm -მეზონი) ითვლება რბილად - $N_{ev}(S)$. რბილ პროცესებში არსებულ მეზონებს ვუწოდებთ $\pi(S)$ - ნაწილაკებს.

FL -ფლუქტონები - მრავალკვარკიანი კონფიგურაციები სამიზნე ბირთვებში (ან, მკვრივი სამიზნე ჩანთა -Dense Quark Bag-DQB) შეიძლება წარმოიქმნან ორ სხვაფასხვა ფიზიკურ პროცესში. პირველი „ცივი“ -პროცესი განპირობებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების თვითფლუქტუაციით. მეორე „ცხელი“ მოდელი - დაკავშირებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების შეკუმშვასთან (ბირთვული მატერიის სიმკვრივის ლოკალურ შეკუმშვასთან) დამცემი ობიექტის გავლენის გამო, რაც იწვევს DQB-ის წარმოქმნას - FL -ფლუქტონის წარმოქმნა.

თანამედროვე წარმოდგენების თანახმად კუმულატიური ნაწილაკი (ჩვენ შემთხვევაში π^\pm -ლაბ. სისტემაში უკან მიმდრინავი მეზონები) წარმოიქმნება დამცემი ნაწილაკის (ჩვენ შემთხვევაში π^- -მეზონი), ან ბირთვში წარმოქმნილი ნაწილაკის (ჩვენ შემთხვევაში π^+ -მეზონი) FL -ფლუქტონზე გაბნევის შედეგად. ამ გაბნევის შედეგად FL -ზე დაცემული ნაწილაკი თავისი იმპულსის დიდ

ნაწილს კარგავს (გაიზნევა დიდ კუთხეზე, იხ. ცხრ.) კარგავს მეორადი ურთიერთქმედების უნარს და გამოდის სამიზნე ბირთვიდან და ბირთვის გარეთ ქმნიან ჭავლებს-jet.

(შენიშვნა - მიღებულია, რომ ბირთვში ნაწილაკი მოახდენს რა არადრეკად ურთიერთქმედებას, მეორად ქმედებას მყისიერად ვერ შეძლებს, რადგან დაჯახების შედეგად „კარგავს“ ველს, რომლის შექმნას „აღდგენას“ გარკვეული დრო სჭირდება.)

ნაწილაკების მრავლობითი დაბადება hh -ადრონ-ადრონულ და hA -ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში შეიძლება წარმოვიდგინოთ ასე - ჯერ მიიღება საშუალოდ მდგომარეობა CS-კომპაუნდ სისტემა, რომლის მყისიერ დაშლას ხელს უშლიან ფერადი ძალები - Colour Force CS - ის სიცოცხლის დრო საკმარისია ნაწილაკის გამოსასვლელად ბირთვიდან ურთიერთქმედების გარეშე).

მეორად ნაწილაკებს შორის კუმულატიური ნაწილაკების (ჩვენ შემთხვევაში π^{\pm} მეზონები) გარდა არსებობენ არაკუმულატიური π^{\pm} მეზონები, რომლებიც მიფრინავენ წინ Lab-სისტემაში (ცხადია, მათი სკმ არსებითად განსხვავდებიან π^{\pm} -კუმულატიური ნაწილაკების მახასიათებლებისაგან. იხ. ცხრ.) ეს π -მეზონები, რომლებიც მიფრინავენ წინ Lab-სისტემაში არიან ე.წ. π (ass) - თანმხლები მეზონები ე.ი., π^{\pm} -მეზონების თანმხლები ნაწილაკები. π (ass) - თანმხლები მეზონები განიცდიან π^{\pm} -მეზონების, ან FL- ფლუქტონების ველის გავლენას.

რაც შეეხება π (S) - მეზონებს (ე.ი. მეზონებს Nev (S)- შემთხვევებიდან, ისინი არ განიცდიან FL - ფლუქტონების გავლენას. ამიტომ მათი სკმ-ი არსებითად განსხვავდებიან π (ass)-ების საშუალო მახასიათებლებისაგან (იხ. ცხრ.)

I) Nev (H)- ხისტი და Nev (S) -რბილ პროცესებში წარმოქმნილი π - სკმ-ის შედარება

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ ხისტი პროცესები წარმოიქმნებიან FL- ფლუქტონებზე ბირთვში წარმოქმნილი ნაწილაკების (ჩვენ შემთხვევაში π^{+} და π^{-} -მეზონების) გაბნევის შედეგად, FL- ზე გაბნევის შედეგად დამცემი π მეზონი კარგავს იმპულსის მნიშვნელოვან ნაწილს და გაიზნევა Lab-სისტემაში უკან. ამ პროცესს ეწოდება Nev (H) ხისტი პროცესი. უკან გაბნეულ π^{\pm} - მეზონებთან ერთად იბადებიან ე.წ. თანმხლები π^{\pm} (ass) - მეზონები, რომლებიც განიცდიან FL- ფლუქტონების (ან, π^{\pm} - მეზონების) ველის გავლენას, ამიტომ π (ass)- საშუალო იმპულსი უფრო მცირეა, ვიდრე რბილ შემთხვევებში არსებული π (S)-მეზონების საშუალო იმპულსი (იხ. ცხრილი №2).

რბილ და ხისტი პროცესებში წარმოქმნილი π -მეზონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან (ცხრ. №1^ა და №1^ბ).

მეორადი ნაწილაკების ერთ-ერთი საინტერესო მახასიათებელია n_c -კუმულატიური ცვლადი, რომელიც განიმარტება, როგორც სამიზნის მინიმალური მასა, რომელიც აუცილებელია ამა თუ იმ ნაწილაკის წარმოსაქმნელად. ცხრილებიდან ჩანს, რომ π^{\pm} მეზონების $\langle n_c \rangle$ ყოველთვის უფრო მეტია ვიდრე π -მეზონების. იგივე შეეხება ე.წ.

$R = \frac{\langle P_{\perp} \rangle}{\langle P_L \rangle}$ ცვლადს, რომელიც შეიძლება ჩავთვალოთ კუმულატიურობის მახასიათებლად (ცხრ.

№1^ა, №1^ბ, №2, №3^ა, №3^ბ).

π^{\pm} -კუმულატიური პი-მეზონების $\langle P_L \rangle$ GeV/c - საშუალო იმპულსი, $\langle \Theta_L \rangle$ degr-გაბნევის საშუალო კუთხე, $\langle n_c \rangle$ -კუმულატიური ცვლადის საშუალო მნიშვნელობა და R-ის საშუალო მნიშვნელობა არის: (0.256 ± 0.014) GeV/c, (118.400 ± 2.200) degr, $\langle n_c \rangle = 0.430 \pm 0.022$ და $R = 0.840 \pm 0.010$. (ცხრ. №3^ა).

საინტერესოა, რომ პროცესში იბადება ერთი თუ ორი კუმულატიური ნაწილაკი სკმ არ არის

დამოკიდებული წარმოქმნილი ნაწილაკების რიცხვზე. ასევე ხაზგასმით უნდა აღვნიშნოთ, რომ π^- C დაჯახებებში 40GeV/c-ზე წარმოქმნილი π^- საშუალო მახასიათებლები ცდომილების ფარგლებში ემთხვევა P_{A_i} , $A_i A_i$ -პროტონ-ბირთვულ და ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში დაბადებული π^- სკმ-ს ე.ი. არ არის დამოკიდებული არც დამცემი ნაწილაკის ტიპზე, არც ენერგიაზე და არც სამიზნეზე. ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხისტი პროცესების წარმოქმნა ძირითადად განპირობებულია სამიზნე ბირთვის ნუკლონების სიმკვრივის თვითფლუქტუაციით-“ცივი“ მოდელი. გარკვეულ როლს თამაშობს პირველადი ენერგია (ცხრ.№3^ა,3^ბ).

რაც შეეხება π^+ (ass) და π^- (ass)- მეზონების სკმ-ს ისინი არსებითად არიან დამოკიდებულები $N(\pi^-)$ -უკან მიმდრინავი კუმულატიური მეზონების რაოდენობისაგან (ცხრ.№4^ა,4^ბ,5^ა,5^ბ).

ის რომ კუმულატიური π^- -მეზონების სკმ არ არის დამოკიდებული არც A_i -ზე და არც A_i -ზე და არც პირველად ენერგიაზე, შეიძლება მიუთითებდეს იმაზე, რომ ადგილი აქვს q-კვარკებისა და გ-გლუონების ადრონიზაციას ერთიანი მექანიზმის გამოვლენას - „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზა - hypothesis soft decoloration [10-14].

ცხრილი №1^ა

π^\pm -მეზონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები: რბილი $Nev(S)$, და ინკლუზიური ($Nev(t)$) პროცესებისათვის

ხისტი ($Nev(H)$),

π^- -მეზონები

		$\langle P_L \rangle GeV/c$	$\langle P_{\perp} \rangle GeV/c$	$\langle \Theta_L \rangle degr$	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1.	$\pi^-(t)$	3.052±0.021	0.349±0.004	22.160±0.132	2.120±0.015	0.11	0.092±0.002
2.	$\pi^-(S)$	3.217±0.023	0.355±0.004	17.420±0.120	2.250±0.017	0.11	0.075±0.002
3.	$\pi^-(H)$	2.287±0.045	0.315±0.009	44.01±0.67	1.515±0.027	0.14	0.17±0.003

ცხრილი №1^ბ

იგივე რაც ცხრილში №1^ა, ოღონდ π^+ -მეზონებისათვის

π^+ -მეზონები

		$\langle P_L \rangle GeV/c$	$\langle P_{\perp} \rangle GeV/c$	$\langle \Theta_L \rangle degr$	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1.	$\pi^+(t)$	2.324±0.015	0.326±0.004	26.67±0.17	1.845±0.013	0.17	0.131±0.002
2.	$\pi^+(S)$	2.449±0.018	0.391±0.041	21.90±0.14	1.971±0.015	0.16	0.110±0.002
3.	$\pi^+(H)$	1.887±0.013	0.369±0.039	43.26±0.546	1.418±0.011	0.19	0.25±0.002

ცხრილი №2

π^\pm -მეზონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები:

		$\langle P_L \rangle GeV/c$	$\langle P_{\perp} \rangle GeV/c$	$\langle \Theta_L \rangle degr$	$\langle Y_L \rangle$	$\langle \Delta Y \rangle$	$\langle n_c \rangle$	R
1.	$\pi^-(t)$	3.052±0.021	0/349±0.004	22.160±0.132	2.120±0.015	1.322±0.007	0.092±0.002	0.11
2.	$\pi^+(t)$	2.324±0.015	0.386±0.004	26.670±0.170	1.845±0.013	1.266±0.007	0.131±0.002	0.17
3.	$\pi^-(S)$	3.217±0.023	0.355±0.004	17.420±0.120	1.210±0.009	1.210±0.009	0.075±0.002	0.11
4.	$\pi^+(S)$	2.449±0.018	0.391±0.004	21.900±0.140	1.155±0.010	1.155±0.011	0.110±0.002	0.16
5.	$\pi^-(ass)$	2.977±0.056	0.349±0.011	18.791±0.310	2.168±0.042	1.214±0.021	0.081±0.005	0.12
6.	$\pi^+(ass)$	2.336±0.020	0.388±0.010	22.282±0.300	1.940±0.032	1.161±0.015	0.110±0.004	0.17

7.	$\pi^-(b)$	0.256±0.014	0.216±0.014	118.401±2.180	-0.405±0.021	0.319±0.010	0.430±0.022	0.84
8.	$\pi^+(b)$	0.338±0.017	0.294±0.015	115.602±2.880	-0.384±0.018	0.321±0.050	0.534±0.022	0.87

შენიშვნა: $\pi^-(t)$ და $\pi^+(t)$ - ურთიერთქმედებაში წარმოქმნილი π^- -ების და π^+ -ის სკმ-ი

ცხრილი №3^ა

π^- -მეზონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები:

		$\langle P_L \rangle$ GeV/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ GeV/c	$\langle \Theta_{\perp} \rangle$ degr	$\langle \Delta Y \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1.	$N(\pi^-_b(t))$	0.256±0.014	0.216±0.014	118.400±2.200	-0.405±0.021	0.840±0.010	0.430±0.022
2.	$N(\pi^-_b=1)$	0.255±0.016	0.212±0.015	118.400±2.180	-0.405±0.020	0.840±0.015	0.430±0.022
3.	$N(\pi^-_b=2)$	0.270±0.020	0.229±0.010	117.700±2.82	-0.400±0.017	0.850±0.037	0.450±0.020

ცხრილი №3^ბ

π^+ -მეზონების საშუალო კინემატიკური მახასიათებლები:

		$\langle P_L \rangle$ GeV/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ GeV/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1.	$N(\pi^+_b(t))$	0.338±0.017	0.294±0.015	115.600±2.88	-0.384±0.018	0.870±0.010	0.534±0.022
2.	$N(\pi^+_b=1)$	0.341±0.018	0.296±0.014	115.900±2.150	-0.388±0.020	0.870±0.016	0.540±0.020
3.	$N(\pi^+_b=2)$	0.328±0.018	0.287±0.015	114.700±2.180	-0.360±0.016	0.870±0.017	0.520±0.010
4.	$N(\pi^+_b=3)$	0.299±0.020	0.278±0.016	110.600±3.100	-0.287±0.020	0.930±0.018	0.450±0.012

ცხრილი №4^ა

$\pi^-(ass)$ -თანმზღები მეზონების სკმ π^-_b - Lab -სისტემაში უკან მიმდრინავი კუმულატიური მეზონების რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით

N		$\langle P_L(\pi^-(ass)) \rangle$ GeV/c	$\langle P_{\perp}(\pi^-(ass)) \rangle$ GeV/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1	$N(\pi^-_b(t))$	2.977±0.055	0.349±0.011	18.79±0.055	2.168±0.042	0.12	0.081±0.005
2	$N(\pi^-_b=1)$	3.001±0.058	0.349±0.006	18.80±0.320	2.171±0.043	0.12	0.082±0.005
3	$N(\pi^-_b=2)$	2.618±0.100	0.346±0.040	18.43±2.15	2.140±0.151	0.13	0.078±0.014
4	$N(\pi^-_b=3)$	1.946±0.150	0.246±0.022	25.01±3.500	1.99±0.200	0.13	0.085±0.020

ცხრილი №4^ბ

$\pi^+(ass)$ -თანმზღები მეზონების სკმ π^+_b მიმდრინავი კუმულატიური მეზონების რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით

N		$\langle P_L(\pi^+(ass)) \rangle$ GeV/c	$\langle P_{\perp}(\pi^+(ass)) \rangle$ GeV/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1	$N(\pi^+_b(t))$	2.336±0.020	0.388±0.010	22.28±0.300	1.940±0.032	0.12	0.081±0.005

2	$N(\pi^+_{\text{b}})=1$	2.345 ± 0.039	0.387 ± 0.006	22.12 ± 0.92	1.951 ± 0.034	0.12	0.082 ± 0.005
3	$N(\pi^+_{\text{b}})=2$	2.271 ± 0.110	0.405 ± 0.033	22.99 ± 1.09	1.867 ± 0.110	0.13	0.078 ± 0.014
4	$N(\pi^+_{\text{b}})=3$	2.030 ± 0.300	0.376 ± 0.070	26.38 ± 4.10	1.727 ± 0.200	0.13	0.085 ± 0.020
5	$N(\pi^+_{\text{b}})=4$	1.878 ± 0.350	0.343 ± 0.080	32.32 ± 5.11	2.155 ± 0.251	0.18	0.124 ± 0.060

ცხრილი N⁵^ა

$\pi^-(\text{ass})$ მეზონების სკმ უკან მიმდრინავი (π^+_{b}) მეზონების რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით

 $\pi^-(S)$ და $\pi^-(\text{ass})$

N	$N(\pi^+_{\text{b}}(t))$	$\langle P_{\perp}(\pi^-) \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp}(\pi^+) \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_{\perp} \rangle$ degr	$\langle Y_{\perp} \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$	
1	0	3.294 ± 0.082	0.345 ± 0.010	17.36 ± 0.35	2.267	0.10	0.071	$\pi^-(S)$
2	1	2.933 ± 0.071	0.341 ± 0.010	18.91 ± 0.40	2.141	0.12	0.078	$\pi^-(\text{ass})$
3	2	2.572 ± 0.081	0.339 ± 0.012	19.80 ± 0.60	2.058	0.13	0.082	$\pi^-(\text{ass})$
4	3	2.450 ± 0.110	0.357 ± 0.014	20.63 ± 0.70	1.972	0.14	0.097	$\pi^-(\text{ass})$
5	4	2.451 ± 0.150	0.365 ± 0.015	21.54 ± 0.90	2.027	0.15	0.094	$\pi^-(\text{ass})$
6	5	1.344 ± 0.200	0.343 ± 0.020	$27.03\pm 0.1.10$	1.587	0.25	0.122	$\pi^-(\text{ass})$

ცხრილი N⁵^ბ

იგივე რაც ცხრილში N⁵^ა, მხოლოდ $\pi^+(s)$ და $\pi^+(\text{ass})$ -მეზონებისათვის

 $\pi^+(s)$ და $\pi^+(\text{ass})$

N	$N(\pi^+_{\text{b}}(t))$	$\langle P_{\perp}(\pi^+) \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp}(\pi^+) \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_{\perp} \rangle$ degr	$\langle Y_{\perp} \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$	
1	0	2.616	0.383	20.66	2.04	0.15	0.100	$\pi^+(S)$
2	1	2.260	0.391	22.81	2.90	0.17	0.111	$\pi^+(\text{ass})$
3	2	2.046	0.394	25.37	1.77	0.19	0.122	$\pi^+(\text{ass})$
4	3	1.997	0.421	24.93	1.76	0.21	0.128	$\pi^+(\text{ass})$
5	4	1.821	0.382	26.75	1.68	0.21	0.190	$\pi^+(\text{ass})$
6	5	1.774	0.386	27.61	1.65	0.22	0.130	$\pi^+(\text{ass})$
7	6	1.402	0.331	27.62	1.57	0.24	0.111	$\pi^+(\text{ass})$

II. მეორადი π^{\pm} - მეზონების სკმ-ის დამოკიდებულება $\langle n_c \rangle$ -კუმულატიური ცვლადის მნიშვნელობისაგან

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ თუ ფიქსირებული ენერჯის ნაწილაკი ეცემა სამიზნეს, სამიზნის მასის ზრდასთან ერთად იზრდება მეორადი ნაწილაკების მრავლობითობა, იზრდება გაბნევის (გამოფრენის) საშუალო კუთხე და მცირდება საშუალო იმპულსი [15-16].

კუმულატიური ცვლადი n_c განიმარტება, როგორც მინიმალური მასა, რომელიც საჭიროა მოცემული მეორადი ნაწილაკის წარმოსაქმნელად. თუ n_c იზომება ნუკლონის მასის ერთეულებში,

მაშინ n_c -ის ზრდასთან ერთად მეორადი ნაწილაკის სკმ უნდა იცვლებოდნენ. ასევე საინტერესოა n_c -ის ზრდასთან ერთად როდისიწყება რეჟიმის ცვლა ე.ი. როდის შეწყდება $\langle P_L \rangle \text{GeV}/c$ შემცირება, $\langle \Theta \rangle \text{degr}$ -ის ზრდა? ასევე საინტერესოა n_c^{max} - მაქსიმალური კუმულატიური რიცხვის მქონე ნაწილაკების საშუალო მახასიათებლების დამოკიდებულება n_c -ს მნიშვნელობისაგან. როგორ იქცევიან n_c^{max} -ის მქონე ნაწილაკების თანმხლები $\pi(\text{ass})(n_c^{\text{max}})$ -ის სკმ.

ეს შედეგები უნდა შევადაროთ $A_i A_t \equiv (P, d, He, C)(C, Ta)$ დაჯახებებში იმპულსების ინტერვალში $(4-10) \text{GeV}/c$ წარმოქმნილი ნაწილაკების მსგავს სკმ-ს, რომ დავადგინოთ აქაც ადგილი აქვს თუ არა ე.წ. „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას - hypothesis of soft decoloration.

ექსპერიმენტული მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ n_c -ზრდასთან ერთად მცირდება π^\pm -მეზონების საშუალო იმპულსი $\langle P_L \rangle \text{GeV}/c$, იზრდება გამოფრენის საშუალო კუთხე $\langle \Theta \rangle \text{degr}$. როცა n_c მიაღწევს მნიშვნელობას ~ 0.6 -ს $\langle P_L \rangle \text{GeV}/c$ გადის პლატოზე და ისევ იწყებს ზრდას (ცხრ. №6^ა, 6^ბ). იგივე შეიძლება ითქვას n_c^{max} -ის მქონე $\pi(\text{ass})$ -მეზონებისათვის. საინტერესოა, რომ n_c^{max} -ის მქონე π^\pm -მეზონების $\langle P_L \rangle$ მკვეთრად მცირდება და $\langle \Theta \rangle$ მკვეთრად იზრდება და მიფრინავენ წინ Lab-სისტემაში (იხ.ცხრ.№7^ა, 7^ბ, 8^ა, 8^ბ).

აქაც ადგილი აქვს ე.წ. „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას.

ცხრილი №6^ა

π -C-დაჯახებებში დაბადებული π^\pm მეზონების სკმ დამოკიდებულება n_c - კუმულატიური რიცხვის მნიშვნელობისაგან
 π - მეზონები

N	n_c	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle \text{degr}$	$\langle Y_L \rangle$	R
1	0-0.1	3.810±0.024	0.297±0.010	9.382±0.10	2.267±0.021	0.081
2	0.1-0.2	1.153±0.025	0.417	38.610±0.12	1.080	0.360
3	0.2-0.3	0.804±0.028	0.432	65.340±1.20	0.535	0.540
4	0.3-0.4	0.755±0.040	0.473	82.010±1.30	0.238	0.620
5	0.4-0.5	0.614±0.046	0.467	93.750±2.90	-0.004	0.760
6	0.5-0.6	0.714±0.060	0.552	95.161±3.50	-0.058	0.770
7	0.6-0.7	0.860±0.100	0.566	101.900±5.80	-0.191	0.660
8	0.7-0.8	1.139±0.150	0.555	105.000±6.00	-0.255	0.530
9	0.8-0.9	1.043±0.155	0.639	108.800±7.00	-0.363	0.610
10	0.9-1.0	0.149±0.165	0.983	90.680±7.80	-0.420	0.850
11	1.0-1.1	0.129±0.116	1.221	91.950	-0.452	0.940
12	1.1-1.2	1.656±0.165	1.341	92.730	-0.502	0.810
13	1.2-1.3	1.792±0.170	1.522	88.380	-0.551	0.850
14	1.3-1.4	2.026±0.180	1.700	96.600	-0.602	0.840
15	1.4-1.5	2.644±0.185	2.140	90.850	-0.641	0.800

ცხრილი №6^ბიგივე რაც ცხრილში №6^ა ოღონდ π^+ მეზონებისათვის

N	n_c	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R
1	0-0.1	3.079±0.024	0.297	10.48±0.10	2.490	0.096
2	0.1-0.2	1.165±0.021	0.442	36.60±0.81	1.138	0.380
3	0.2-0.3	0.947	0.511	56.70	0.703	0.540
4	0.3-0.4	0.944	0.576	68.34	0.467	0.610
5	0.4-0.5	0.894	0.634	76.71	0.292	0.710
6	0.5-0.6	0.892	0.691	79.26	0.217	0.773
7	0.6-0.7	0.964	0.715	87.04	0.075	0.740
8	0.7-0.8	0.988	0.833	87.40	0.056	0.843
9	0.8-0.9	1.078	0.826	92.37	-0.037	0.766
10	0.9-1.0	1.029	0.898	96.45	-0.122	0.870
11	1.0-1.1	1.040	0.858	104.40	-0.243	0.830
12	1.1-1.2	1.135	0.972	103.50	-0.266	0.850
13	1.2-1.3	1.268	1.096	100.10	-0.202	0.860
14	1.3-1.4	1.342	1.184	103.60	-0.268	0.880
15	1.4-1.5	1.423	1.233	104.40	-0.411	0.870
16	1.5-1.6	1.636	1.492	99.50	-0.462	0.910
	1.6-1.7	1.173	1.467	105.00	-0.554	0.870

ცხრილი №7^აიგივე რაც ცხრილში №6^ა და №6^ბ, ოღონდ n_c^{\max} - კუმულატიური ცვლადის მაქსიმალური

მნიშვნელობისათვის შემთვევაში

 $n_c^{\max} \pi^-$ - მეზონებისათვის

N	n_c	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R
1	0-0.1	2.781	0.372	14.53	2.12	0.13
2	0.1-0.2	1.169	0.428	34.47	1.070	0.37
3	0.2-0.3	0.837	0.442	64.95	0.550	0.53
4	0.3-0.4	0.747	0.469	82.16	0.230	0.63
5	0.4-0.5	0.598	0.458	94.81	0.022	0.77
6	0.5-0.6	0.727	0.556	95.19	-0.060	0.76
7	0.6-0.7	0.890	0.619	100.10	-0.160	0.70

8	0.7-0.8	1.102	0.698	105.40	-0.263	0.63
9	0.8-0.9	1.140	0.632	109.60	-0.381	0.63
10	0.9-1.0	0.992	0.850	98.61	-0.520	0.86
11	1.0-1.1	0.993	0.880	101.70	-0.600	0.88
12	1.1-1.2	1.100	0.930	98.20	-0.700	0.90
13	1.2-1.3	1.116	1.047	99.37	-0.886	0.94
14	1.3-1.4	1.200	1.080	100.20	-0.930	0.90
15	1.4-1.5	1.302	1.223	99.47	-0.970	0.94
16	1.5-1.6	1.345	1.258	104.60	-1.120	0.93
17	1.6-1.7	1.656	1.640	102.73	-2.000	0.98

ცხრილი №7^ა

იგივე რაც ცხრილში №7^ა ოღონდ
 π^- - მეზონებისათვის

N	n_c	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R	$\langle n_c \rangle$
1	0-0.1	2.242	0.353	15.63	2.00	0.16	0.00
2	0.1-0.2	1.119	0.446	38.00	1.103	0.40	0.15
3	0.2-0.3	0.953	0.514	57.51	0.688	0.54	0.25
4	0.3-0.4	0.943	0.583	69.15	0.455	0.61	0.35
5	0.4-0.5	0.895	0.639	76.77	0.293	0.71	0.45
6	0.5-0.6	0.885	0.702	79.50	0.213	0.79	0.55
7	0.6-0.7	0.979	0.750	87.69	0.065	0.76	0.65
8	0.7-0.8	0.967	0.822	88.04	0.045	0.85	0.75
9	0.8-0.9	0.976	0.836	93.43	-0.064	0.86	0.85
10	0.9-1.0	1.046	0.905	96.41	-0.118	0.86	0.95
11	1.0-1.1	1.061	0.871	103.80	-0.257	0.82	1.05
12	1.1-1.2	1.075	0.945	103.80	-0.277	0.88	1.15
13	1.2-1.3	1.278	1.101	100.00	-0.300	0.86	1.25
14	1.3-1.4	1.391	1.181	101.20	-0.340	0.85	1.35
15	1.4-1.5	1.371	1.207	102.80	-0.380	0.88	1.45
16	1.5-1.6	1.470	1.264	100.20	-0.450	0.86	1.55
17	1.6-1.7	1.500	1.305	109.40	-0.500	0.87	1.65

18	1.7-1.8	1.536	1.256	114.30	-0.568	0.82	1.75
19	1.8-1.9	1.600	1.264	110.50	-0.610	0.79	1.85
20	1.9-2.0	1.620	1.312	114.40	-0.630	0.81	1.90
21	2.1-2.2	1.689	1.397	116.80	-0.700	0.82	2.16
22	2.2-2.3	2.096	1.480	118.40	-0.863	0.80	2.25

ცხრილი №8^ა

π^- მეზონების სკმ-ის დამოკიდებულება n_c^{\max} -შემთხვევაში მაქსიმალური კუმულატიური რიცხვისაგან

π_c^{\max} მნიშვნელობა π^- მეზონებისათვის

N	n_c^{\max}	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R
1	0-0.2	2.070	0.397	25.53	1.653	0.19
2	0.2-0.4	0.863	0.452	71.43	0.428	0.56
3	0.4-0.6	0.803	0.490	94.93	-0.034	0.61
4	0.6-0.8	0.867	0.648	102.100	-0.200	0.75
5	0.8-1.0	1.200	0.960	103.60	-0.265	0.85
6	1.0-1.2	1.358	1.147	95.30	-0.300	0.85
7	1.2-1.4	1.454	1.284	93.87	-0.376	0.88
8	1.4-1.6	1.600	1.328	100.60	-0.400	0.83
9	1.6-1.8	1.990	1.690	90.60	-0.480	0.87
10	1.8-2.0	2.000	1.800	95.50	-0.550	0.88
12	2.0-2.2	2.204	2.004	90.92	-0.661	0.92

ცხრილი №8^ბ

π_c^{\max} -ის თანმხლები $\pi^-(ass)$ მეზონების სკმ

N	n_c^{\max}	$\langle P_L \rangle$ Gev/c	$\langle P_{\perp} \rangle$ Gev/c	$\langle \Theta_L \rangle$ degr	$\langle Y_L \rangle$	R
1	0-0.2	3.936	0.302	9.35	2.069	
2	0.2-0.4	3.088	0.332	17.32	1.976	0.110
3	0.4-0.6	2.808	0.340	21.58	1.962	0.120
4	0.6-0.8	2.519	0.331	24.99	1.976	0.130
5	0.8-1.0	2.450	0.300	21.20	1.962	0.120
6	1.0-1.2	2.359	0.288	21.36	2.062	0.120
7	1.2-1.4	2.300	0.311	23.35	1.902	0.130

8	1.4-1.6	2.250	0.250	25.50	1.872	0.110
9	1.4-1.6	2.015	0.340	30.20	1.867	0.150
10	1.6-1.8	1.212	0.236	35.23	1.750	0.120

დასკვნა

კუმულატიური პროცესების შესწავლამ π -C დაჯახებებში $40\text{GeV}/c$ იმპულსით π_{\pm} - მეზონების საშუალებით, გვიჩვენა:

1. π_{\pm} -მეზონების საშუალებით შეიძლება განვაცალოთ ერთმანეთისაგან $N_{ev}(H)$ - ხისტი და $N_{ev}(S)$ - რბილი პროცესები. ამ პროცესებში π_{\pm} - მეზონების სკმ ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან;
2. კუმულატიური π_{\pm} -მეზონების სკმ არ არიან დამოკიდებული არც პირველად ენერგიაზე, არც დამცემი ნაწილაკის და არც სამიზნის მასაზე;
3. FL-ფლუქტონების (ე.ი. π_{\pm} -მეზონების) წარმოქმნაში მთავარ როლს თამაშობს სამიზნის მასა;
4. π -მეზონების სკმ არსებითად არის დამოკიდებული n_c -კუმულატიური რიცხვის მნიშვნელობაზე. π -C დაჯახებებში წარმოქმნილი π_{\pm} - მეზონების და A_1A_1 - ბირთვ-ბირთვულ დაჯახებებში ((იმპულსურ ინტერვალში $(4-10)\text{GeV}/c$) π_{\pm} - მეზონებისა და P-პროტონის სკმ-ის დამოკიდებულება n_c კუმულატიური რიცხვის მნიშვნელობისაგან ერთნაირია;
5. მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ π -მეზონებისათვის ადგილი აქვს q -კვარკებისა და g -გლუონების ადრონიზაციის ერთიანი მექანიზმის გამოვლენას ე.წ. „რბილი“ გაუფერულების ჰიპოთეზას - Hypothesis of soft decoloration.

ლიტერატურა

1. Baldin A.M. et al, JINR, P1-83-483, P1-87, Dubna, 1983;
2. Bondarev V.K. et al, JINR P1-2000-94, Dubna, 2000;
3. Leksin C.A. et al, JETP, 1957, 32, 445; Blokhintsev B.I., JETF, 1957, 32, 1295; Armutliski, . . ., Tevzadze Yu. Et al, Yad Fiz. 1982, 49, 182;
4. Angelov N et al., JINR, 1-12424, Dubna, 1979;
5. Abdrakhmanov E. O. . . ., Tevzadze Yu.V. et al, JINR, E1-11517, Dubna, 1978; Yad. Fiz., 1978, 28, 1304;
6. Grigalashvili N.S., . . ., Tevzadze Yu.V. et al, Yad. Fiz., 1988, 48, 476;
7. Agakishev G.N. et al., Communications JINR, P1-86-370, Dubna, 1986; P1-89-488, Dubna, 1986;
8. Agakishev G.N. et al., JINR, E1-84-448, Dubna, 1984; Grishin V.G. et al., JINR, E1-86-639, Dubna, 1986;
9. Agakishev G.N. et al., Yad., Fiz., 1987, 45, 1373;
10. Gadzincki M., et al., Z. Phys, 1995, C65, 215;
11. Lu J.J et al., Phys Rev Lett, 1981, 46, 898;
12. Chkhaidze L.V. et al Phys. Part. And Fields, 1988, 54, 179;
13. Staviski K.S. Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei, 1979, 10, 950;
14. Baldin A.M. et al, JINR, E-80-545, Dubna, 1980; Anoshin A. I. et al. Yad Fiz, 1982, 36, 409;
15. L. Akhobadze, V. Garsevanishvili, Yu. Tevzadze, GESJ-Physics, 2011/N1(5), p97;

16. Koutsidi N.K. Yu.Tevzadze, Journal of Nuclear Physics, 1977,v.26,p.326.

მზადდება ნაშრომი „Изучение жёстких и мягких процессов π^+C –взаимодействиях при импульсе 40 GeV/c Л. Абесалашвили, Л.Ахобадзе, Ю. Тевзадзе

1.2.

№	დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
---	---	--	--

	მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/ სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა		
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელ- წოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/ კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)					

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

6.2. უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1			
მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)			

2018 წელს გაწეული სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის ანგარიში**უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების დასახელება**

ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის დასახელება

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი,
ნივთიერებათა კვლევის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი.
ინსტიტუტის დირექტორი პროფესორი **ნოდარ კეკელიძე**

სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალური შემადგენლობა ხელმძღვანელის მითითებით

1. ნოდარ კეკელიძე - ინსტიტუტის დირექტორი
2. თეიმურაზ ჯახუტაშვილი. დირექტორის მოადგილე. ნივთიერებათა ფიზ.თვისებების კვლევის განყოფილების გამგე
3. ბელა კვიციანი. დირექტორის მოადგილე. ატომურ აბსორბციული სპექტრომეტ. განყოფილების გამგე
4. მარიამ ელიზბარაშვილი. ეკოლოგიის განყ.-ის გამგე
5. ერემია თულაშვილი. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
6. ზაურ ბერიშვილი. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
7. მანანა ჩხაიძე. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
8. ლელა მწარიაშვილი. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
9. თამარ ქემაშვილი. ტექნიკური მუშაკი
10. დავით კეკელიძე. განყოფილების გამგე
11. ზაურ კვინიკაძე. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
12. ელზა ხუციშვილი. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
13. ზაზა ტყეშელაშვილი. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
14. ანზორ ვეფხვაძე. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
15. ზინაიდა დავითაია. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
16. ირინა ამბოკაძე. მეცნიერ თანამშრომელი
17. დავით სუმბაძე. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
18. გულსუნდა ცოტაძე. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
19. ნანა მაჭარაძე. მეცნიერ თანამშრომელი
20. კახაბერ ბილაშვილი. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
21. გია ქაჯაია. მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
22. ნანა ხიხაძე. მეცნიერ თანამშრომელი
23. ნინო ბეკოშვილი. მეცნიერ თანამშრომელი
24. ლალი ახალბედაშვილი. მყარი სხეულების ქიმიური ტექნოლოგიის განყ. გამგე
25. მარინე ალაპიშვილი. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
26. იზა დავითულიანი. უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი
27. ციალა სარიშვილი. მეცნიერ თანამშრომელი
28. ზურაბ ჩუბინიშვილი. ტექნიკური მუშაკი

1. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის მიერ ერთობლივად შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

1.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის და სახელმძღვანელოების დარგის ადასამეცნიერო მიმართულებების მიხედვით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ გაცემული ანგარიშები (ქართულ ენაზე)			

1.2.

№	დასრულებული პროექტის და სახელმძღვანელოების დარგის ადასამეცნიერო მიმართულების მიხედვით	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ გაცემული ანგარიშები (ქართულ ენაზე)			

2. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

2.1.

№	გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის და სახელმძღვანელოების დარგის ადასამეცნიერო მიმართულების მიხედვით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)
1	2	3	4
1	საგრანტო ხელშეკრულება #217628 „ნიადაგის და ქანების რადიოაქტივობა ქალაქ თბილისის რეგიონში და მოსახლეობისათვის რადიოლოგიური რისკი“ <ul style="list-style-type: none"> • 1- საბუნებისმეტყველო <ul style="list-style-type: none"> ○ დედამიწის და მასთან დაკავშირებული გარემოს შემსწავლელი მეცნიერებები • 7- საქართველოს შემსწავლელი 	2016-2019 წწ.	ე.თულაშვილი-სამეცნიერო ხელმძღვანელი; თ.ჯახუტაშვილი-ჯგუფის ხელმძღვანელი; ბ.თუთბერიძე-ჯგუფის ხელმძღვანელი; მ.ახალკაციშვილი-ძირითადი შემსრულებელი; ლ. მწარიაშვილი - ძირითადი

	მეცნიერებები; 7.1. საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები.		შემსრულებელი.
2			
<p>I. საგრანტო ხელშეკრულება #217628 -ის ფარგლებში 2018 წლის განმავლობაში შესრულდა პროექტის შემდეგი ძირითადი სამუშაოები:</p> <p>ჩატარდა 7 სავსე ექსპედიცია (28.02.18, 11.03.18, 24.03.18, 22.06.18, 06.07.18, 27.07.18 და 10.08.18) თბილისის გარეუბანში, კერძოდ, მამადავითის ანტიკლინის, საბურთალოს სინკლინისა და ლისის ანტიკლინის არეალში. სავსე ექსპედიციების მარშრუტები იყო:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) თსუ-ძველი თბილისი-ამაღლების ქ.-წყარო მაყაშვილის ქ.-მაყაშვილის ქ.-წავკისი-კოჯორი-დიდგორი-კიკეთი-თსუ; 2) თსუ-ჭავჭავაძის გამზირი-ვაკის პარკი-მესხის სახ. სტადიონი-ეთნოგრაფიული მუზეუმი-კუს ტბის მიმდებარე ტერიტორია-თსუ; 3) თსუ-მრგვალი ბაღი-კ.კეკელიძის ქ.-ნ. ჟვანიას ქ.-რ. ჯაფარიძის ქ.-გ. რჩელიშვილის ქ.-აბანოთუბანი-თსუ. 3) თსუ-გმირთა მოედანი-პეკინის ქ.-ბახტრიონის ქ.-ჭ. ამირეჯიბის ქ.-თამარაშვილის ქ.-უნწვერსოტეტის ქ.-პოლიტკოვსკაიას ქ.-ყაზბეგის გამზირი-გმირთა მოედანი-თსუ; 5) თსუ-გმირთა მოედანი-პეკინის ქ.-ვაჟა ფშაველას გამზირი-ნუცუბიძის ქ.-კანდელაკის ქ.-პეკინის გამზირი-გმირთა მოედანი-თსუ; 6) თსუ-გმირთა მოედანი-პეკინის ქ.-კანდელაკის ქ.-ნუცუბიძის ქ.-ბ. ჟღენტის ქ.-ნუცუბიძის მე-4 მ/რ-ბერიტაშვილის ქ.-მ. მაჭავარიანის ქ.-მარჯვენა სანაპირო-გმირთა მოედანი-თსუ; 7) თსუ- გმირთა მოედანი-მარჯვენა სანაპირო-ვ. გომიაშვილი ქ.-სოფელი დილომი-მარჯვენა სანაპირო-გმირთა მოედანი-თსუ. <p>ჩატარებული ექსპედიციების ფარგლებში სულ აღებული იყო 100 ნიმუში, მათ შორის ქანების 74 და ნიადაგის 26 ნიმუში, რომლებიც გადატანილია ლაბორატორიაში. აღებული იყო შემდეგი ტიპის ნიმუშები:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ქანები: <ol style="list-style-type: none"> ა) ქვიშაქვები - 26 ნიმუში; ბ) ტუფოქვიშაქვები - 20 ნიმუში; გ) ფიქლები - 12 ნიმუში; დ) თიხები - 4 ნიმუში; ე) მერგელები - 1 ნიმუში; ვ) არგილიტი - 6 ნიმუში; ზ) პორფირიტი - 5 ნიმუში; - ნიადაგი: <ol style="list-style-type: none"> ა) ყავისფერი - 10 ნიმუში; ბ) რუხი ყავისფერი - 7 ნიმუში; გ) ალუვიალური - 5 ნიმუში; დ) ყავისფერი კარბონატული - 4 ნიმუში. <p>აღებული ნიმუშები გადაცემულია მათი სპეციალური დამუშევებისთვის შემდგომი ლაბორატორიული კვლევისათვის გამა-სპექტრომეტრიული ანალიზის გამოყენებით.</p> <p>შემდგომ პერიოდებში სამუშაო გეგმის შესაბამისად იგეგმება შემდეგი სავსე ექსპედიციების ჩატარება ნიმუშების აღებისთვის, და აღებული ნიმუშების გამა-სპექტრომეტრიული ანალიზის ჩატარება.</p> <p>ჩატარდა აგრეთვე შემდეგი სამუშაოები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ჩატარდა მე-3, მე-4, მე-5, მე-6, მე-7 და მე-8 სავსე ექსპედიციების ფარგლებში (კრწანისის სინკლინის და მამადავითის ანტიკლინის არეალი) აღებული ნიმუშების 			

გამა-სპექტრების მისაღებად და ანალიზისათვის საჭირო დამუშავება და მახასიათებელი მონაცემების დადგენა;

- ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგინდა აღებული ნიმუშების ქიმიური შედგენილობა (საჭიროა გამა სპექტრების ანალიზისათვის) და ასევე მათი ლიტოგრაფიული პარამეტრები;
- ჩატარდა მიღებული გამა-სპექტრომეტრული მონაცემების პირველადი ანალიზი, რომელთა საფუძველზეც აღებულ ნიმუშებში დადგინდა რადიონუკლიდური შედგენილობა და მათი აქტივობის კონცენტრაცია.

განვლილი პერიოდის განმავლობაში ჩატარდა 180 გამა-სპექტრის პირველადი ანალიზი. მიღებული შედეგებიდან დადგინდა, რომ ძირითადად დეტექტირდება 22-მდე რადიონუკლიდი:

- Th-232 ოჯახის: Ac-228, Th-228, Ra-224, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (სულ 6 რადიონუკლიდი);
- U-238 ოჯახის: Th-234, Pa-234, Th-230, Ra-226, Pb-214, Bi-214, Pb-210 (სულ 7 რადიონუკლიდი);
- U-235 ოჯახის: U-235, Th-231, Th-227, Ra-223, Rn-219, Pb-211 (სულ 6 რადიონუკლიდი);
- სხვა ბუნებრივი რადიონუკლიდები: Be-7, K-40;
- ტექნოგენური რადიონუკლიდი: Cs-137.

ქანების შესწავლილ ნიმუშებისთვის Th-232, U-238 და U-235 ოჯახების რადიონუკლიდების და ცალკეული რადიონუკლიდების (Be-7, K-40 და Cs-137) აქტივობის კონცენტრაციისა (Bq/kg) და ასევე ეკვივალენტური აქტივობის (R_{eq} , Bq/kg) განზოგადებული შედეგები - საშუალო (av), მინიმალური (mn) და მაქსიმალური (mx) მნიშვნელობები - მოყვანილია ქვემოთ:

	Th-232	U-238	U-235	Be-7	K-40	Cs-137	R_{eq}
av	22.0	20.9	1.6	2.2	582	0.5	81.2
mn	0.4	1.8	0.3	0.5	45	0.3	7.7
mx	44.4	43.5	2.7	4.1	811	0.8	144.8

ანალოგიური მონაცემები ნიადაგის შესწავლილ ნიმუშებისთვის, და აგრეთვე Pb-210 და ალოქტონური Pb-210 (Pb_{al}) აქტივობის, Pb_{al}/Bi აქტივობების შეფარდებებისა და ეკვივალენტური აქტივობის - R_{eq} და R_{eq-al} (ალოქტონური Pb_{al} გათვალისწინების გარეშე და მასთან ერთად) გამოთვლილი მნიშვნელობები მოყვანილია ქვემოთ:

	Th-232	U-238	Pb-210	U-235	Be-7	K-40	Cs-137	Pb_{al}	Pb_{al}/Bi	R_{eq}	R_{eq-al}
av	28.9	22.8	103.1	1.1	18.2	417	17.0	90.7	4.4	91.0	181
mn	13.1	13.2	36.9	0.4	4.2	230	0.4	10.2	0.8	46.2	108
mx	50.7	40.4	195.5	2.7	27.7	845	42.7	173	10.3	138	243

2.2.

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
1	საგრანტო ხელშეკრულება - № FR/49/9-170/14 „საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის სხვადასხვა ნიადაგ-გეოლოგიური სტრუქტურის ფონური ბუნებრივი და	2015-2018 წწ.	თ. ჯახუტაშვილი - სამეცნიერო ხელმძღვანელი; ე. თულაშვილი - ჯგუფის ხელმძღვანელი; ბ. თუთბერიძე - ჯგუფის

	<p>ტექნოგენური რადიოაქტივობა და მოსახლეობისათვის რადიოლოგიური რისკის შეფასება“;</p> <ul style="list-style-type: none"> • სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები, დედამიწის შემსწავლელი მეცნიერებები და გარემო; • რადიობიოლოგია, გეოქიმია; რადიაციული უსაფრთხოება; 		<p>ხელმძღვანელი; მ. ჩხაიძე - ძირითადი შემსრულებელი; ლ. მწარიაშვილი - ძირითადი შემსრულებელი.</p>
2	<p>პროექტი: DI/38/7-220/14. 19.03.2014-19.03.2017 წ. ქართულ წითელ ღვინოებში ანტიოქსიდანტების და მინერალური კომპონენტების კოპლექსური კვლევა ანალიზის თანამედროვე ფიზიკურ ქიმიური მეთოდებით. ზოგადი ბიოქიმია; ფიზიკურ-ქიმიური ბიოლოგია; ანალიზური ქიმია</p>	2015-2018წწ	<p>ნ. კეკელიძე-სამეცნიერო ხელმძღვანელი ბ. კვიციანი- ძირითადი შემსრულებელი ლ.ახალბედაშვილი-ძირითადი შემსრულებელი ზ. სამხარაძე- ძირითადი შემსრულებელი გ. მაისურაძე- ძირითადი შემსრულებელი მ.მირცხულავა-ძირითადი შემსრულებელი</p>
3	<p>პროექტი YS-2016-74. საქართველოს საბადოებიდან მოპოვებული დარიშხანის გამოყენება 3-5 ნახევარგამტარული ნაერთების მისაღებად.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები; <p>ფიზიკური მეცნიერებები</p>	2016-2018წწ	<p>ნოდარ კეკელიძე -მენტორი ბელა კვიციანი-პროექტის მიმღები</p>
<p>1. საგრანტო ხელშეკრულება - № FR/49/9-170/14-ის ფარგლებში 2018 წლის განმავლობაში შესრულდა პროექტის შემდეგი ძირითადი სამუშაოები:</p> <ul style="list-style-type: none"> • მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში სამხრეთ ნაწილში აღებული ქანების ნიმუშების კვლევის სრული ანალიზის საფუძველზე გაფორმდა და მიღებულია დასაბეჭდად (გეგმით გათვალისწინებული) შესაბამისი პუბლიკაცია; • მცხეთა-მთიანეთის რეგიონში ჩრდილოეთ ნაწილში აღებული ქანების ნიმუშების კვლევის სრული ანალიზის საფუძველზე გაფორმდა (გეგმასთან დამატებით) და დაიბეჭდა პუბლიკაცია; • შესრულდა შიდა ქართლის რეგიონში აღებული ქანების ნიმუშების კვლევის შედეგების თავისებურებების და კანონზომიერებების დადგენა და სრული ანალიზი; გაფორმდა (გეგმასთან დამატებით) და დაიბეჭდა შესაბამისი პუბლიკაცია, და აგრეთვე გაკეთდა მოხსენება კონფერენციაზე; • შესრულდა ქვემო ქართლის რეგიონში აღებული ნიადაგის ნიმუშების კვლევის შედეგების თავისებურებების და კანონზომიერებების დადგენა და სრული ანალიზი; გაფორმდა (დამატებით გეგმასთან) და დაიბეჭდა შესაბამისი პუბლიკაცია; • დამზადების და გაფორმების პროცესშია პუბლიკაციები შიდა ქართლში აღებული ნიადაგის ნიმუშებში, ქვემო ქართლში აღებული ქანების ნიმუშებში და კახეთში 			

აღებული ნიადაგის და ქანებისნიმუშებში მიღებული შედეგების მიხედვით; იგეგმება 3-5 ნაშრომის გაფორმება და გაგზავნა დასაბეჭდად;

- შედგენილია და სისტემატიზირებულია გამოკვლევული რეგიონების (მცხეთა-მთიანეთის, შიდა ქართლის, ქვემო ქართლის და კახეთის) ნიმუშების აღების საკონტროლო პუნქტების სრული სია (დადგენილია მათი გეოგრაფიული კოორდინატები და პირობითი აღნიშვნები, აღებული ნიმუშების ტიპები და ა.შ.);
- შედგენილია სქემატური რუკები, სადაც დატანილია გეოტექტონიკური სტრუქტურული ერთეულები (სისტემები, ზონები, ქვეზონები და ა.შ.), საკონტროლო პუნქტები, და ა.შ.;
- შედგენილია და სისტემატიზირებულია ცხრილის სახით გამოკვლევული რეგიონების და ნიმუშების ტიპების მიხედვით რადიოაქტივობის ძირითადი პარამეტრები - რადიონუკლიდების შედგენილობა და მათი კონცენტრაცია;
- ასევე შედგენილია და სისტემატიზირებულია ცხრილის სახით გამოკვლევული რეგიონების დანიმუშების ტიპების მიხედვით ძირითადი რადიოლოგიური პარამეტრები - რადიუმის ეკვივალენტური აქტივობა, შთანთქმული გარე გამა გამოსხივების სიმძლავრე, წლიური გარე ეფექტური დოზა, წლიური გონადალური დოზა, საშიშროების გარე ინდექსი, კიბოს დამატებითი რისკი ცხოვრების მანძილზე;
- მონაცემთა ბაზა გაფორმებულია ელექტრონულ ფორმატში (Access-ში) დატოტვილი სახით და მოიცავს სულ 32 ცხრილს და რუკას.

მონაცემთა ბაზის შესახებ ჩატარდა პრეზენტაცია.

2. საგრანტო ხელშეკრულება # DI/38/7-220/14 -ის სამეცნიერო პროექტის მიზნები იყო:

1. საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონის ქართული წითელი ღვინოების საფერავის და ქინძმარაულის ქიმიური შედგენილობის (კერძოდ, ფენოლური ანტიოქსიდანტები, მინერალური კომპონენტები) დადგენა თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური (ქრომატოგრაფიული, ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრული, ქრომატო-მას-სპექტრომეტრული, სპექტროფოტომეტრული და ფოტოკოლორიმეტრული) და ტრადიციული ქიმიური მეთოდებით.
2. ანტიოქსიდანტური ტევადობის მონიტორინგის ჩატარება ტექნოლოგიურ პროცესში და საბოლოო პროდუქტში.
3. ანტიოქსიდანტური ტევადობის და მინერალური კომპონენტების შემცველობის დამოკიდებულების შესწავლა ღვინის სხვადასხვა კლასიფიკაციის ნიმუშებზე: დამზადების ტექნოლოგია, ფერი, ხარისხის კატეგორია
4. კორელაციური კავშირების გამოვლენა ანტიოქსიდანტური ტევადობის მნიშვნელობასა და შესასწავლი ღვინოების ხარისხის განმსაზღვრელ სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიურ მაჩვენებლებს შორის.

ძირითადი ამოცანები:

1. აღმოსავლეთ საქართველოს წითელი ღვინოების (საფერავი და ქინძმარაული) და საფერავის ჯიშის ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილების ქრომატოგრაფიული ანალიზი.
2. ანტიოქსიდანტური ტევადობის მნიშვნელობის დამოკიდებულების შესწავლა ღვინის სხვადასხვა კლასიფიკაციის ნიმუშებზე: მიღების ტექნოლოგია, ფერი, ხარისხის კატეგორია.
3. კორელაციური კავშირების გამოვლენა ანტიოქსიდანტური ტევადობების მნიშვნელობებსა და შესასწავლი ღვინოების ხარისხის განმსაზღვრელ სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიურ (ფერი, გამჭვირვალობა, pH) მაჩვენებლებს შორის.
4. ცალკეული მინერალური კომპონენტების (ტუტე მეტალები, ტუტე მიწათა მეტალები, მძიმე მეტალები, ფოსფორი, გოგირდი, ბორი, ჰალოგენები და სხვ.) დამოკიდებულების შესწავლა ღვინის სხვადასხვა კლასიფიკაციის ნიმუშებზე: დამზადების ტექნოლოგია, ფერი, ხარისხის

კატეგორია. მინერალური კომპონენტების მიგრაცია ნიადაგიდან ღვინოში.

5. ანტიოქსიდანტური ტევადობის გავლენა ზოგიერთ საერთაშორისო ფიზიკურ-ქიმიურ (ფენოლური კომპონენტების მასური კონცენტრაცია, ორგანული მჟავების შემადგენლობა, კათიონურ-ანიონური შემადგენლობა) მაჩვენებლებზე.

პროექტის ფარგლებში, წითელ ღვინოების კვლევისას მიღწეული შედეგები:

1. დამუშავებული იქნა გაზური ქრომატოგრაფიისა და ქრომატო მასს სპექტრომეტრიის მეთოდები, იდენტიფიკაციისა და ფენოლის ნაწარმების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის.
2. იდენტიფიცირებული იქნა ანტიოქსიდანტების ნარევის ზოგიერთი კომპონენტები (ძირითადად ფენოლური ბუნების).
3. შესწავლილი იქნა ანტიოქსიდანტური ტევადობის მნიშვნელობის დამოკიდებულება, ცალკეული მინერალური კომპონენტების შემადგენლობაზე და ღვინის სხვადასხვა კლასიფიკაციურ ნიშნებზე(დამზადების ტექნოლოგია, ფერი, ხარისხის კატეგორია, ნიადაგის შემადგენლობის გავლენა წითელიღვინოს მინერალურ შემადგენლობაზე).
4. გამოვლენილ იქნა კორელაციური კავშირი ანტიოქსიდანტური ტევადობის მნიშვნელობასა და შესასწავლი ღვინის ხარისხის განმსაზღვრელ ცალკეულ ფიზიკო-ქიმიურ მაჩვენებლებს შორის ანალიზის მოდიფიცირებული მეთოდების გამოყენებით
5. გამოთვლილი იქნა წითელი ღვინოების ანტიოქსიდანტური ტევადობა, დადგინდა დამოკიდებულება წითელი ღვინოების ზოგიერთ კომპონენტებს (ფლავანოიდები, სუკცინატები, გოგირდოვანი მჟავების მასური კონცენტრაციები) და მათ ანტიოქსიდანტურ ტევადობას შორის.

მინერალური კომპონენტების შესასწავლად ნიადაგსა და ქართულ წითელ ღვინოებში ტარდებოდა ექსპედიცია ყვარელში ღვინის მწარმოებელ კომპანია "მეღვინეობახარებაში". აღებული იქნა ნიადაგის, საფერავის ჯიშის ყურძნის და ქვევრის ღვინის სინჯები. ნიადაგის სინჯები აღებული იქნა კომპანია "მეღვინეობა ხარებას" ვენახებში, ყვარელში მუკუზნის (ფართობი 25 ჰა) და საბუეს (ფართობი 27 ჰა) ვენახებიდან, სხვადასხვა სიღრმიდან, კონვერტის წესით, შესაბამისი ინსტრუქციის თანახმად. საფერავის ჯიშის ყურძნის, ფოთლების და მტევნების სინჯები აღებული იყო ნიადაგის სინჯების აღების წერტილებში შემუშავებული ინსტრუქციის თანახმად. კვლევებისთვის შერჩეული იქნა საფერავი კლასიკური (მშრალი წითელი ღვინო), საფერავი პრემიუმი, (მშრალი წითელი ღვინო) და ქინძმარაული, ყურძნის ვენახებიდან აღებულმა ნიადაგის სინჯებმა გვიჩვენეს ყველა ძირითადი მინერალის შემცველობა. მიღებული შედეგების საფუძველზე ზოგიერთი მეტალის (კალიუმის, ნატრიუმის, და კალციუმის) შემცველობა ხასიათდება რაოდენობის შემცირებით კლერტიდან ღვინომდე. შედეგებმა ასევე აჩვენეს რომ ღვინის და ნიადაგის მინერალური შედგენილობა ურთიერთდამოკიდებულებაშია. კერძოდ წითელ ღვინოებში მინერალური კომპონენტების უმეტესობა გადმოდის ყურძნის მყარი ნაწილებიდან ფერმენტაციის და დავარგების დროს. ქვევრის ღვინოები უფრო მეტად გამდიდრებულია ფენოლური ნაერთებით, ვიდრე ღვინოები, რომლებიც მიღებულია ფერმენტაციული დუდილის გარეშე. შედეგები მიუთითებენ Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- იონების არათანაბარ განაწილებაზე მთელ ჯაჭვში - ნიადაგი-მცენარე-ღვინო. ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაციის მიზნით ჩატარდა ქართული წითელი ღვინოების, საფერავისა და ქინძმარაულის, ასევე საფერავის ჯიშის ყურძნის მტევნის სხვადასხვა ნაწილების ქრომატოგრაფიული ანალიზი მაღალეფექტური თხევადური ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებით. დადგინდა, რომ ნიმუშიდან ანტიოქსიდანტის სელექტიურად გამოწვილვა დამოკიდებულია ნიმუშის pH-ზე. მაგალითად, ანტოციანები გამოვყავით ეთილაცეტატით $\text{pH}=2.0$, ხოლო კატეხინები და ფლავონოიდები $\text{pH}=7.0$. ე.ი. სხვადასხვა ფორმების წილის არსებობა ღვინოში დამოკიდებულია pH-ზე. ყურძნის წვენის და ასევე ღვინოს pH-ის გაზრდა ბუნებრივი მნიშვნელობიდან (3.2-3.8) 7-მდე იწვევს ანტოციანების მთავარი ნივთიერების მალვიდინ-3-გლიკოზიდის გადასვლას ქინოიდურ სტრუქტურის ფორმაში.

მაგრამ თვითონ ანტოციანების აოა არ არის დამოკიდებული pH-ის მნიშვნელობაზე. სულ იდენტიფიცირებულია 28 ფენოლური ნაერთი.

მიღებული მონაცემების თანახმად მთავარი ფენოლური ნაერთების - კვერცეტინის, მირიცეტინის, კემპფეროლის და რესვერატროლის, ისევე როგორც კატეხინის, კაფტაკის მჟავას და ქლოროგენის მჟავას შემცველობა მტევანში მცირდება რიგში: კლერტი>კანი>წიპწა>რბილობი>საბუეს ვენახის საფერავის ღვინო, მაგრამ ეს კანონზომიერება არ ახასიათებს მუკუზანის ვენახის ყურძენს. წიპწადაკლერტიარისუმთავრესი განმსაზღვრელი ანტიოქსიდანტური უნარიანობისა.

ყურძნის და ღვინოს ანტიოქსიდანტური თვისებები უმთავრესად დამოკიდებულია რესვერატროლის, მირიცეტინის და კვერცეტინის შემცველობაზე კლერტში და მტევანში. ჩვენსმიერჩატარებულთანალიზითდავადასტურეთ, რომქვევრში ჭაჭაზე დაყენებულიღვინო (საბუეს და მუკუზანის საფერავი)გაცილებითმეტირაოდენობითშეიცავს ფენოლურ ნაერთებს და მისი ანტიოქსიდანტური თვისებები უფრო მეტად არის დამოკიდებული რესვერატროლის, მირიცეტინისა და კვერცეტინის მაღალ შემცველობაზე, ვიდრე შესაბამისი ქარხნული წესითდამზადებული ღვინოები.

შესწავლილი იყო კანის, კლერტისა და წიპწის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა. დადგინდა რომ წიპწა და კლერტი არის უმთავრესი განმსაზღვრელი ანტიოქსიდანტური უნარიანობისა. დადგინდა, რომ კანის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა მცირდება 29%-ით, კლერტისა-57%-ით, წიპწისა კი -42%-ით. მართალია წიპწის ანტიოქსიდანტური უნარიანობა მაღალია კლერტისაზე, მაგრამ კლერტის უნარიანობის შემცირების მაღალი პროცენტი მეტყველებს მის უპირატეს აქტიურ როლზე ანტიოქსიდანტური უნარიანობის ჩამოყალიბებაში.

საბუეს და მუკუზანის ვენახების ნიადაგების ანალიზმა მძიმე მეტალების შემცველობაზე აჩვენა რომ საბუეს ვენახის ნიადაგი გამოირჩევა უფრო მაღალი (დაახლოებით ორჯერ) სპილენძის თუთიის, ტყვიის და რკინის შემცველობით. მხოლოდ კადმიუმის შემცველობა მუკუზანის ვენახში ორჯერ მაღალია, ვიდრე საბუეს ნიადაგებში.

ყველა მძიმე მეტალის კონცენტრაცია, რომელიც შევისწავლეთ წითელ ღვინოებში, არ აღემატება ზ.დ.კ.-ს. მძიმე მეტალების დიდი ნაწილი საფერავის ყურძენის ღვინოში, ილექება ფერმენტაციის დროს, რაც არის მიზეზი მისი ღვინოში შედარებით ნაკლები შემცველობის. სპილენძის და რკინის შედარებით მაღალი კონცენტრაცია, სხვა მეტალებთან შედარებით აიხსნება იმით, რომ ის ინახება თიხის ქვევრებში და ფოლადის რეზერვუარებში.

3. YS-2016-74 სამეცნიერო პროექტის მიზნები:

ნახევარგამტარული ტექნოლოგია წარმოუდგენელია დარიშხანის გამოყენების გარეშე. ეს საკითხი მეტად მნიშვნელოვანია, ვინაიდან საქართველოში არის ორი უნიკალური-რაჭისა და სვანეთის დარიშხანის საბადო. ლითონური დარიშხანის გამოყენება ნახევარგამტარული ტექნოლოგიის ამა თუ იმ დარგში განისაზღვრება მისი სისუფთავის დონით და ამ სისუფთავის კონტროლის მეთოდის მგრძობიარობით და ხარისხით. ზოლო თვით დარიშხანის სისუფთავის განსაზღვრა დღეისათვის წარმოადგენს დიდ პრობლემას. მინარევის ანალიზისათვის დარიშხანში არსებული თანამედროვე ანალიზური ქიმიის მეთოდები და სხვა, არ აკმაყოფილებს თანამედროვე ნახევარგამტარების მრეწველობის მოთხოვნებს. ყველა ქიმიურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და სხვა მეთოდებთან შედარებით უპირატესობა გააჩნია ელექტროფიზიკურ მეთოდს. ექსპერიმენტულად გაზომილ ჰოლის ელექტრომომრავებელი ძალის სიდიდისა და ელექტროგამტარობის საფუძველზე განისაზღვრება მიკრომინარევის კონცენტრაცია ნახევარგამტარ კრისტალებში. მიუხედავად იმისა, რომ ელექტროფიზიკური მთვისებების გაზომვის მეთოდი არ გვამლევს საშუალებას განვსაზღვროთ მინარევის ქიმიური ინდივიდუალობა, ეს მეთოდი არის უბადლო, ეფექტური და მოხერხებული.

ნახევარგამტარული მასალების გაწმენდისას და ლეგირებისას. მაგრამ ეს მეტად მგრძობიარე მეთოდი არ შეიზლება გამოყენებულ იქნას უშუალოდ As-ზე. მხედველობაში უნდა იქნას

მიღებული, რომ მინარევი, რომელიც დარიშხანშია, გადადის მის ფუძეზე მიღებულ ნახევარგამტარულ ნაერთში და განსაზღვრავს მის სისუფთავს და თვისებებს. ასეთ ნაერთად ხელსაყრელია არჩეულ იქნას ინდიუმის არსენიდი, როგორც ტექნოლოგიურად ნაკლებად რთული. თუ ნაერთის სინთეზისას გამოვიყენებთ განსაკუთრებული სისუფთავის ინდიუმს, დენის მატარებელთა კონცენტრაცია, ელექტროგამტარობა და გამტარობის ტიპი ინდიუმის არსენიდში განპირობებული იქნება ელექტრულად აქტიური მინარევებით, რომლებსაც სეიციავს ლითონური დარიშხანი.

As-ის სისუფთავის დადგენის ასეთი მეთოდი გამოირჩევა დიდი მგრძობიარტობით, ამიტომ პროექტის მიზანი იყო შეგვეფასებინა რაჭისა და სვანეთის საბადოებიდან მოპოვებული სხვადასხვაწარმოშობის ლითონური დარიშხანის სისუფთავის ხარისხიმ რაც გააფართოვებდა ინდიუმის არსენიდის გამოყენების სფეროს და ხელს შეუწყობს ადგილობრივი დარიშხანის გამოყენებას საქართველოს ეკონომიკაში. ინდიუმის არსენიდის, როგორცსამოდელო მასალის არჩევა, განპირობებულია მისი უნიკალური თვისებებით. ინდიუმის არსენიდი ფართოდ გამოიყენება მრავალი ხელსაწყო დასამზადებლად ელექტრონულ, ინფრაწითელ ტექნიკაში და კვანტურ ეფექტებზე დაფუძნებულ ხელსაწყოებში (ზემაღალი სიხშირის ტრანზისტორები, თერმოგენერატორები, ინფრაწითელი ფოტოელემენტები, მაგნიტომეტრები და სხვ.). განსაკუთრებით საყურადღებოა ინდიუმის არსენიდის გამოყენება თანამედროვე ტექნოლოგიებში (ნანოსისტემები, კვანტური სტრუქტურები, ოპტიკური გამამძლიერებლები).

კვლევის ამოცანები:

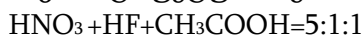
სხვადასხვა შხანის სისუფთავის ხარისხის შეფასება; სხვადასხვა წარმოსობის ლითონური დარიშხანის შემცველი ინდიუმის არსენიდის კრისტალების გამოყენების სფეროს სეფასება.

პროექტი ითვალისწინებდა შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას: მოსამზადებელი სამუშაოების გამოკვლევების ჩასატარებლად და დამხმარე აპარატურის მომზადება, მასალების შეძენა; საქართველოს საბადოებიდან მოპოვებული სხვადასხვა წარმოსობის ლითონური დარიშხანის კვლევა; ა) საქარმოო ნარჩენებიდან მიღებული (As 1), ბ) არსენოპირიტის მადნის გახურებით მიღებული (As 2), გ) პირველგაწმენდილი სამქლორიანი დარიშხანის არდგენით მიღებული (As 3), შემცველი InAs კრისტალების ელექტროფიზიკური გამოკვლევა.

ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზის და თეორიული გათვლების მომზადება დასკვნითი სამეცნიერო ანალიზისთვის, სტატიების მომზადება გამოსაქვეყნებლად.

ექსპერიმენტი: ინდიუმის არსენიდის სინთეზი და მონოკრისტალების გაზრდის სირთულე დაკავშირებულია, იმასთან რომ დარიშხანის ორთქლის წნევა არის მაღალი იმ ტემპერატურაზე, როცა ფორმირდება ინდიუმის არსენიდის ნაერთი. ამიტომ დარიშხანის დანაკარგის შესამცირებლად და წნევის სახიფათოდ მაღალი მნიშვნელობის თავიდან ასარიდებლად, საჭიროა სპეციალური ზომების მიღება. ინდიუმის არსენიდის კრისტალის ამოწვამდე ხდებოდა სინთეზი ორლუმელიან დანადგარზე. არსენიდის კრისტალის ამოწვამდე ხდებოდა სინთეზი ორლუმელიან დანადგარზე, რომლებიც შეერთებულია კვარცის მილით და წარმოადგრნს სამუშაო კამერას. პირველი ღუმელი ცხელდება 625°C, მეორე კი 970°C-მდე. ტემპერატურის ოპტიმალური პირობების განსაზღვრისთვის შესწავლილი იყო ცალ-ცალკე ღუმელების ტემპერატურული რეჟიმები მათი სხვადასხვა დაშორებისას ანუ კამერის სიგრძის გასწვრივ. ოპტიმალური ტემპერატურული პირობები მიიღებოდა ღუმელების სრული შეპირაპირებისას. სწორედ ამ პირობების განხორციელდა ინდიუმის არსენიდის სინთეზი.

მიკროსტრუქტურის გამოსავლენად ნიმუშები იწამლებოდა ხსნარში



მიღებული შედეგები:

მიღებულია ინდიუმ არსენიდის კრისტალები სხვადასხვა ხარისხის დარიშხანის ფუძეზე.

კერძოდ, გამოყენებულ იქნა:

ა) საწარმოო ნარჩენებიდან მიღებული დარიშხანი,

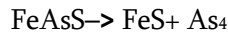
- ბ) არსენოპირიტის მადნის გახურებით მიღებული დარიშხანი,
- გ) პირველგაწმენდილი სამქლორიანი დარიშხანის აღდგენით მიღებული დარიშხანი.

საწარმოო ნარჩენებიდან მიღებული ლითონური დარიშხანის As1-ის შემცველი InAs მასიური კრისტალები

მიღებული ნიმუშები იყო პოლიკრისტალური და დაიმზირება მეორე ფაზის ჩანართები, რომლებიც ფორმირებულია მინარევებით. ამ მინარევების არსებობა დასტურდება სპექტრალური ანალიზით. სპექტრალური ანალიზის მიხედვით დარიშხანი შეიცავს Si, Al, Mg, Sb, Bi, Ca, Fe, Cu, Pb მეთოდის პროცენტამდე. InAs კრისტალების ელექტრული თვისებების გაზომვები გვიჩვენებენ, რომ ყველა კრისტალი ელექტრონული ტიპის გამტარობისაა. საწარმოო ნარჩენებიდან მიღებული ლითონური დარიშხანის As1-ის შემცველი ინდიუმის არსენიდის კრისტალის ბოლოს მიიღება ძლიერ ლეგირებული InAs დენის მატარებელთა კონცენტრაციის 10^{18} - 10^{19} სმ⁻³ ფარგლებში. საწარმოო ნარჩენებიდან მიღებული (As1) დარიშხანზე დამზადებული InAs-ის ნაერთი ამჟღავნებს მაღალ თერმოელექტრულ ეფექტურობას $2.7 \cdot 10^{-5}$ ვოლტ⁻¹ გრად⁻¹, როცა დენის მატარებელთა კონცენტრაცია $5 \cdot 10^{18}$ სმ⁻³ -ის ტოლია. ნიმუში n-ტიპისაა და განსაზღვრულია დარიშხანში ნარჩენი მინარევებით S, Se და Te, ასეთი მასალა კი შეიძლება გამოყენებულ იქნას თერმოელემენტებში სპეციალური ლეგირების პროცესის გარეშე. საწარმოო ნარჩენებიდან მიღებული ლითონური დარიშხანის As1-ის შემცველი InAs მასიური კრისტალების თვისებები უახლოვდება სპეციალურად ლეგირებულს.

არსენოპირიტის მადნის გახურებით მიღებული ლითონური დარიშხანის As2-ის შემცველი InAs მასიური კრისტალები

ლითონური დარიშხანი მიღებული არსენოპირიტის (FeAsS) მადნის გახურებით ვაკუუმში მიიღება:



InAs ასეთ კრისტალებში დენის მატარებელთა კონცენტრაცია 10^{18} სმ⁻³ რიგისაა.

პირველგაწმენდილი სამქლორიანი დარიშხანის აღდგენით მიღებული ლითონური დარიშხანის As3 -ის შემცველი InAs მასიური კრისტალები მაღალი სისუფთავის ლითონურ დარიშხანის წარმოებაში ლეზულობენ სამქლორიანი დარიშხანის აღდგენით. აღმდგენელად იყენებენ აირად წყალბადს. რეაქცია მიმდინარეობს აირად ფაზაში: $2AsCl_3 + 3H_2 \rightarrow 2As + 6HCl$

InAs ასეთ კრისტალებში დენის მატარებელთა კონცენტრაციაა 10^{16} სმ⁻³.

3. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

3.1. გარდამავალი პროექტი

№	<p>გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის და სახელეუბამეცნიერების დარგის ადასამეცნიერო მიმართულებები სმითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა</p>	<p>პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები</p>	<p>პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)</p>

1	2	3	4
გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

3.2. დასრულებული პროექტი

№	დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის და სახელებამეცნიერების დარგის ადასამეცნიერო მიმართულებები სმითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა	პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები	პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)
1	2	3	4
დასრულებული კვლევითი პროექტის 2018 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)			

4. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

4.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სა- თაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

4.4. სტატიები დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1					
ვრცელი ანოტაცია (ქართულენაზე)					

4.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Nodar Kekelidze, Bela Kvirkevelia, David Kekelidze, Elza Khutsishvili, Lali Nadiradze, George Kekelidze, Tengiz Qamushadze, Zurab Chubinishvili, Ia Kalandadze	Exponential Optical Absorbption in Non-Irradiated and Irradiated III-V Compounds. ISSN-0132-1447	Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 12, #3, pp.50-56, 2018	თბილისი, საქართველო	6

შესწავლილია ოპტიკური შთანთქმის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ფოტონის ენერგიაზე ფუნდამენტური შთანთქმის კიდის მახლობლად InP, InAs და მათი InP-InAs მყარი ხსნარებისთვის. ექსპერიმენტები ტარდებოდა $T=300K$ და $T=80K$ ტემპერატურაზე, დასხივებამდე და მაღალი ენერგიის ელექტრონებით (50MeV) დასხივების შემდეგ. დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ გამოვლინდა ოპტიკური შთანთქმის კოეფიციენტის ფოტონის ენერგიაზე ექსპონენციალური დამოკიდებულება ენერგეტიკული დეფიციტით ნებისმიერ ტემპერატურაზე და დასხივების ყველა შემთხვევაში. დამუშავებულ იქნა ამ მოვლენის საერთო მექანიზმი და ჩატარებულ იქნა რაოდენობრივი გათვლები, რომლებიც კარგ თანხვედრაშია დაუსხივებელი მასალების ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. დასხივებული კრისტალებისთვის სურათი რთულდება. ჩატარებულია რაოდენობრივი ანალიზი მაღალი ენერგიის (50MeV) ელექტრონებით დასხივებული კრისტალებისთვის. ნაჩვენებია, რომ დასხივებულ კრისტალებში ექსპონენციალური კუდები არის წერტილოვანი

დეფექტების ზემოქმედების შედეგი.

5. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

5.1. მონოგრაფიები/წიგნები

№	ავტორი/ავტორები	მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
2				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.2. სახელმძღვანელოები

№	ავტორი/ავტორები	სახელმძღვანელოს სახელი, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.3. კრებულები

№	ავტორი/ავტორები	კრებულის სახელი, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1				
ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)				

5.4. სტატიები

№	ავტორი/ავტორები	სტატიის სათაური, დიგიტალური საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN	ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი	გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა	გვერდების რაოდენობა
1	Nodar Kekelidze, Elza Khutsishvili, Bela Kvirkevelia, Rezo Kobaidze, George Kekelidze	Semiconductor materials withstanding large fluence of hard irradiation. ISSN (e): 2321-9009	<i>International Journal of Advances in Science Engineering and Technology</i> , Vol-6, Iss-3, Spl. ISSue-2. pp.5-9. Sep.-2018	Institute of Research and Journals. Odisha, India	5

InAs, InP-ის და მათი InP_xAs_{1-x} მყარი ხსნარების ბაზაზე დამუშავებულ იქნა ტექნოლოგია და

შექმნილ იქნა მასალები, რომლებშიც ელექტრონების კონცენტრაცია, ოპტიკური და თერმოელექტრული არ იცვლება ნიმუშების $\Phi=2\cdot 10^{18}\text{n/cm}^2$ ნეიტრონების ჩქარი ნაკადებით ხისტი დასხივების მაღალი ენერგიების ელექტრონებით (50MeV , $\Phi=6\cdot 10^{17}\text{e/cm}^2$) და ელექტრონებით $\Phi=3\cdot 10^{18}\text{e/cm}^2$ ნაკადით დასხივებისას. გზადაჭრილ იქნა გამოწვევა ისეთი მასალების მიღების, რომლებშიც ხისტი დასხივებისას მუხტის მატარებელთა ძვრადობა არ მცირდება, არამედ იზრდება. ეს მასალები ხასიათდებიან მაღალი თერმული მდგრადობით $T = 700^\circ\text{C}$ -მდე. დეფექტების წარმოქმნის ანალიზის რთულმა პროცესმა აჩვენა, რომ მიუხედავად ხისტი დასხივებისა, ძირითადი თვისებები საკვლევი მასალებისა განისაზღვრება წერტილოვანი დეფექტებით.

2	Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Bezhan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Mariam Akhalkatsishvili, Lela Mtsariashvili	Radionuclides in rocks of southern part of Mtskheta-Mtianeti region (Georgia). https://doi.org/10.1016/j.explo.2018.02.010	Journal of Geochemical Exploration, vol. 190	Elsevier	9
---	--	--	--	----------	---

ნაშრომში შესწავლილია ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიონუკლიდების განაწილება ქანების ნიმუშებში მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის სამხრეთ ნაწილში, რომელიც განლაგებულია ამიერკავკასიისმთათაშუაარეშიდამცირეკავკასიონის (ანტიკავკასიონი) ნაოჭასისტემაში. აქ იდენტიფიცირებულია რამდენიმე გეოტექტონიკური ერთეული, კერძოდ, აღმოსავლური და ძირის ზონის ქართლის მოლასური ქვეზონა და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის ცენტრალური და სამხრეთი ქვეზონები. ქანების რადიოაქტივობა ამ რაიონში პრაქტიკულად არ არის შესწავლილი. ნაშრომში გამა-სპექტროსკოპიის მეთოდით შესწავლილია სხვადასხვა ტიპის ქანების 20 ნიმუში - დანალექი და მეტამორფული. ამ ნიმუშებში იდენტიფიცირებულია 21-მდე ბუნებრივი და ერთი ტექნოგენური რადიონუკლიდი Cs-137. Th-232-ის ოჯახის რადიონუკლიდების საშუალო აქტივობა იცვლებოდა 4.5-დან 67.0-მდე Bq/kg, U-238-ის ოჯახის - 4.5-დან 93.5-მდე Bq/kg, U-235-ის ოჯახის - 0.22-დან 4.3-მდე Bq/kg. კონცენტრაციის ყველაზე მაღალი აქტივობა დაიმზირებოდა K-40-ვის (მაქსიმალურმა მნიშვნელობამ შეადგინა 746 Bq/kg). Cs-137-ის აქტივობა იცვლებოდა 0.12-დან 6.3-მდე Bq/kg. აღნიშნულია ზოგიერთი თავისებურებები რადიონუკლიდების განაწილებაში, კერძოდ, ქანების ტიპის, ტექტონიკური ზონის და ასაკის მიხედვით. განხილულია რადიონუკლიდების აქტივობის ზოგიერთი შეფარდება, კერძოდ, U-238/U-235, U-238/Th-232, Ra-226/U-238 და Pb-210/Ra-226. ჩატარებულია შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან.

3	Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Bezhan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Mariam Akhalkatsishvili, Lela Mtsariashvili	Radioactivity of rock samples in the Shida Kartli Region (Georgia). http://ijaeb.org/view2.php?issue=3	International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch vol. 3, #3	IJAEB pub.	15
---	--	---	--	------------	----

ნაშრომის შესწავლილია ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიონუკლიდების განაწილება ქანების ნიმუშებში შიდა ქართლის რეგიონის ტერიტორიაზე, რომელიც განლაგებულია ამიერკავკასიისმთათაშუაარეში. რაიონის ხასიათდება რთული გეოლოგიური სტრუქტურით, და ქანების და ნიადაგის რადიოაქტივობა ამ რაიონში პრაქტიკულად არ არის შესწავლილი. ნაშრომში გამა-სპექტროსკოპიის მეთოდით შესწავლილია სხვადასხვა ტიპის ქანების 18 ნიმუში - მაგმური, დანალექი და მეტამორფული. ამ ნიმუშებში იდენტიფიცირებულია 21-მდე ბუნებრივი და ერთი ტექნოგენური რადიონუკლიდი Cs-137. Th-232-ის ოჯახის რადიონუკლიდების საშუალო აქტივობა იცვლებოდა 1.2-დან 64.8-მდე Bq/kg, U-238-ის ოჯახის - 4.5-დან 47.3-მდე Bq/kg, U-235-ის ოჯახის - 0.22-დან 2.3-მდე Bq/kg. კონცენტრაციის ყველაზე მაღალი აქტივობა დაიმზირებოდა K-40-ვის (1263 Bq/kg). Cs-137-ის აქტივობა დაფიქსირებულია რამდენიმე ნიმუშში - 0.1-0.6 Bq/kg.

აღნიშნულია ზოგიერთი თავისებურებები რადიონუკლიდების განაწილებაში, კერძოდ, ქანების ტიპის, ტექტონიკური ზონის და ასაკის მიხედვით. განხილულია რადიონუკლიდების აქტივობის ზოგიერთი შეფარდება, კერძოდ, U-238/U-235, U-238/Th-232, Ra-226/U-238 და Pb-210/Ra-226. ჩატარებულია შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან.

4 Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Bezhan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Mariam Akhalkatsishvili, Lela Mtsariashvili	Radionuclides in samples of soil of different types in the Kvemo Kartli Region (Georgia) http://www.aascit.org/journal/ijabe	International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering; vol. 3, #3	American Association for Science and Technology	11
---	--	--	---	----

ნაშრომის მიზანია ქვემო ქართლის (საქართველო) რეგიონის ტერიტორიაზე სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში რადიონუკლიდების შედგენილობის და რადიოაქტივობის დადგენა. ამ ტერიტორიაზე 28 საკონტროლო პუნქტში აღებული იყო სხვადასხვა ტიპის ნიადაგის ნიმუშები (ყავისფერი (Cn); ყავისფერი გამოტუტული (Cn-Ld); ყავისფერი კარბონატული (Cn-Cr); რუხი ყავისფერი (GCD); შავმიწა (Cz); ყომრალი სუსტად არამადარი (BFWU)). ამ ნიმუშებში იდენტიფიცირებულია 22-მდე რადიონუკლიდი. Th-232-ის ოჯახის რადიონუკლიდების (სულ 6 რადიონუკლიდი) კონცენტრაცია იყო დიაპაზონში 12.9-64.9 Bq/kg (საშუალო მნიშვნელობა 27.0 Bq/kg), U-238-ის ოჯახის (სულ 7 რადიონუკლიდი) - 10.2-47.9 Bq/kg (24.0), U-235-ის ოჯახის (სულ 6 რადიონუკლიდი) - 0.49-2.3 Bq/kg (1.1). აგრეთვე იდენტიფიცირებულია ცალკეული რადიონუკლიდი - Be-7 (16.1-42.6 Bq/kg), K-40 (290-დან 942-მდე Bq/kg (275)) და Cs-137 (0.2-88.2 Bq/kg (15.6)). რადიუმის ეკვივალენტური აქტივობის სიდიდე იცვლებოდა დიაპაზონში 57.1-დან 210-მდე Bq/kg საშუალო მნიშვნელობით 102 Bq/kg, ამავდროულად უდიდესი მნიშვნელობები დაიმზირებოდა ნიადაგებისათვის GCD, Cn-Ld და Cn, და მცირედენ ნაკლები ნიადაგებისთვის Cz, Cn-Cr და BFWU. წლიური ეფექტური დოზა იცვლებოდა დიაპაზონში 0.035 – 0.122 mSv/y საშუალო მნიშვნელობით 0.058 mSv/y. აღნიშნულია ზოგიერთი თავისებურებები რადიონუკლიდების განაწილებაში, კერძოდ, ნიადაგის ტიპის და ნიმუშების აღების პუნქტების მიხედვით. განხილულია რადიონუკლიდების აქტივობის ზოგიერთი შეფარდება, კერძოდ, U-238/U-235, U-238/Th-232, Ra-226/U-238 და Pb-210/Ra-226 (ბოლო შემთხვევაში დაიმზირებოდა მნიშვნელოვანი გადახრები წონასწორულ მდრომარეობიდან - 6.87-მდე საშუალო მნიშვნელობით 2.29, ამავდროულად აღნიშნულია გარკვეული კორელაცია გეოტექტონიკური სტრუქტურის თავისებურებებთან შესწავლილ ტერიტორიაზე). ჩატარებულია შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან.

6. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

6.1. საქართველოში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მოხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	ნ. კეკელიძე, თ. ჯახუტაშვილი, ბ. თუთბერიძე, ე. თულაშვილი, მ. ახალკაციშვილი, ლ.	რადიოაქტიური ელემენტები მდინარე მტკვრის ხეობის ქანებში	თსუ-ს მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო

	მწარიაშვილი		მეცნიერებებში, 12-15 თებერვალი, თბილისი
2	ლ.მწარიაშვილი, ნ.კეკელიძე, გ.გოდერძიშვილი, თ.ჯახუტაშვილი, ე.თულაშვილი	ნიადაგის რადონი ქ. თბილისის არეალში	თსუ-ს მეექვსე ყოველწლიური საფაკულტეტო სამეცნიერო კონფერენცია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებში, 12-15 თებერვალი, თბილისი

6. 2.უცხოეთში

№	მომხსენებელი/ მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი
1	L. Mtsariashvili, N. Kekelidze, G. Goderdzishvili, E. Tulashvili, T. Jakhutashvili.	Radon in natural waters in the territory of Kartli artesian basin (Georgia)	18 th Int. Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2018); 3 – 6 December, 2018, Vienna, Austria.
2	Kekelidze N., Khutsishvili E., Kvirkvelia B., Kobaidze R., Kekelidze G	Semiconductor materials withstanding large fluence of hard irradiation.	422 nd IIER International Conference on Applied Physics and Mathematics (ICAPM) (13-14 th June Brussels, Belgium. 2018 http://www.worldresearchlibrary.org/up_proc/pdf/1650-153485244407-11.pdf
3	Kekelidze N. Kekelidze T. Akhalbedashvili L. Mirtskhulava M. Maisuradze G. Kvirkvelia B. Tsotadze G. Liparteliani V.	The content of antioxidants – phenolic compounds, in red wines of Georgia “Kindzmarauli” and “Saperavi”	19 th International Congress on Nutrition&Health. 12-14 April, 2018. Amsterdam. Netherland Book of Abstract. https://health.nutritionalconference.com/abstract/2018/the-content-of-antioxidants-phenolic-compounds-in-red-wines-of-georgia-kindzmarauli-and-saperavi

მომხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

**ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა
ფაკულტეტთან არსებული ნახევარგამტართა ფიზიკის სამეცნიერო
კვლევითი ინსტიტუტი
(2018 წლის ანგარიში)**

ინსტიტუტის სტრუქტურა და შემადგენლობა

ინსტიტუტის დირექტორი		- შოთა მირიანაშვილი
დირექტორის მოადგილე		- თენგიზ ქამუშაძე
ნახევარგამტართა მასალათმცოდნეობის განყოფილება		
1.	თენგიზ ქამუშაძე	- განყოფილების გამგე
2.	ანზორ ბერძენიშვილი	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
3.	ზურაბ რაზმაძე	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
4.	მედეა ჯოკუა	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
5.	ქეთევან ედიდაშვილი	- მეცნ. თანამშრომელი
6.	რუსუდან შალამბერიძე	- მეცნ. თანამშრომელი
მომავლის მასალათა მიღების და კვლევის განყოფილება		
1.	მაია შერვაშიძე	- განყოფილების გამგე
2.	თამაზ ბუთხუზი	- მთავარი მეცნ. თანამშრომელი
3.	ნოდარ გაფიშვილი	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
4.	ეკა კეკელიძე	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
5.	ლია ტრაპაიძე	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
A^{IV} - B^{VI} ნახევარგამტართა კვლევის განყოფილება		
1.	ომარ დავარაშვილი	- განყოფილების უფროსი
2.	მეგი ენუქაშვილი	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
3.	ლარისა ბიჩკოვა	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი

ფოტონერგეტიკის განყოფილება		
1.	ვასილ შველიძე	- განყოფილების გამგე
2.	ჯანო ბურჯანაძე	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
3.	მიხეილ ელიზბარაშვილი	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი
4.	გურამ ტოგონიძე	- მეცნ. თანამშრომელი
5.	ჟორა გაბრიჭიძე	- უფრ. მეცნ. თანამშრომელი

საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის და გრანტების გარეშე შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებელი
1.	$In_xCa_{1-x}As$ -ის რადიაციულად მდგრადი ეპიტაქსიური ფენების მიღების თხევად-ფაზური ეპიტაქსიის დანადგარის მოდერნიზაცია ეპიტაქსიური ფირების კონცენტრაციითა ფართო ინტერვალის მიღება და მათი ელექტრო-ფიზიკური თვისებების შესწავლა ($A^{III}B^V$ ნახევარგამტართა მყარ ხსნარების ფიზიკა)	თენგიზ ქამუშაძე	1. ა. ბერძენიშვილი 2. ზ. რაზმაძე 3. მ. ჯოჯუა 4. რ. შალამბერიძე 5. ქ. ედილაშვილი

1. შესავალი და საკითხის დასმა

თანამედროვე მიკრო-, ნანო- და ოპტოელექტრონიკის მიღწევები ძირითადად განპირობებულია მათი მატერიალური ბაზის – ნახევარგამტარული სტრუქტურებისა და მათზე დაფუძნებული ხელსაწყოების განვითარების დონითა და საიმედოობით. ჩერნობილის და ფუკუშიმოს ტრაგედიებმა, აგრეთვე ბოლო პერიოდის ავარიებმა ბირთვული ენერჯის გენერირებისა და მოხმარების მრავალ ობიექტზე ცხადჰყო, რომ რადიაციული უსაფრთხოების თვალსაზრისით უმნიშვნელოვანესი პრობლემა დაკავშირებულია რადიაციის მიმართ მდგრადი თანამედროვე ნახევარგამტარული მასალებისა და მათზე დაფუძნებული ხელსაწყოების შექმნასთან.

InP_xAs_{1-x} -ის მყარ ხსნარებში კრისტალური მესერის ე.წ. ორმოდემიანი რხევების მოვლენის [1] აღმოჩენამ, რომელიც შემდეგ დიდი სიზუსტით იქნა დადასტურებული ოქსფორდის კლარელონის ლაბორატორიასა და საკლეს ბირთვული კვლევების ცენტრში, დასაბამი მისცა რადიაციულად მდგრადი ახალი ნახევარგამტარული მასალების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებას.

დადგინდა, რომ InP_xAs_{1-x} -ის და $In_xGa_{1-x}As$ -ის მყარი ხსნარების რადიაციული დასხივებისას ადგილი აქვს გენერირებული დონორებისა და აქცეპტორების უირთიერთკომპენსაციის მოვლენას [2-6]. ამის გამო, კომპონენტთა თანაფარდობების წარმატებით შერჩევის პირობებში, შესაძლებელია

რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული მასალების მიღება.

ამ მიმართულებით 2015-2016 წლებში №6 ლაბორატორიაში გადაიდგა საკმაოდ წარმატებული ნაბიჯები – დამუშავდა ტექნოლოგია და შეიქმნა რადიაციულად მდგრადი ნახევარგამტარული შენაერთების მონოკრისტალთა მოცულობითი სხმულები [7]. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ნახევარგამტარული ხელსაწყოების, განსაკუთრებით მათი ინტეგრალური ვარიანტის დასამზადებლად ასეთი მოცულობითი სხმულების გამოყენება მოუხერხებელია. ამ თვალსაზრისით გაცილებით პერსპექტიულია ანალოგიური შემადგენლობის მყარი ხსნარების თხელი ფენები.

№6 ლაბორატორიის 2017-2018 წლების სამუშაოები მიეძღვნა სწორედ $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის მონოკრისტალური ფენების მიღების, გამოკვლევის და მათ ბაზაზე ისეთი ნახევარგამტარული ხელსაწყოების დამზადების პრობლემებს, როგორცაა მაგნიტური ველის ჰოლის სენსორები, p-n გადასასვლელები და შოტკის ბარიერები.

2. ტექნოლოგიური მეთოდის არჩევა

მყარი ხსნარების მონოკრისტალური თხელი ფენების დასამზადებლად ჩვენ შევარჩიეთ ეპიტაქსიური მეთოდი. ეპიტაქსია ინგლისური სიტყვიდან epitaxy მომდინარეობს და ნიშნავს ერთი მონოკრისტალური ფენის ორიენტირებულ ზრდას მეორის (საფენი) მონოკრისტალურ ზედაპირზე.

ეპიტაქსიური ფენის კრისტალური სრულყოფა დამოკიდებულია საფენის ზედაპირის დამუშავების და სისუფთავის ხარისხზე ფენის ზრდის სიჩქარეზე, პროცესის წარმართვის ტემპერატურაზე და სხვა ფაქტორებზე [8,9]. ეპიტაქსიური ფენის ზრდა შეიძლება განხორციელდეს აირადი, თხიერი ან მყარი ფაზიდან. მიტომ განასხვავებენ აირფაზურ, თხიერფაზურ მყარფაზურ და მოლეკულურ-სხივურ ეპიტაქსიებს.

თხიერფაზური ეპიტაქსია გამოიყენება მყარი ხსნარების (InGaAs , InPAs და სხვ.) ფენების მისაღებად. ამ მეთოდით სარგებლობისას პირველ ეტაპზე სწორად უნდა შეირჩეს საფენი, რომელზედაც უნდა გაიზარდოს ეპიტაქსიური ფენა (როგორც წესი საფენად იყენებენ ან ეპიტაქსიური ფენის შესაბამის ან მსგავსი კრისტალოგრაფიული სტრუქტურის მონოკრისტალს), ნარევი ნივთიერებებისა, რომლისგანაც უნდა შედგებოდეს გასაზრდფელი ფენა, რომელსაც ემატება მალეგირებელი ნივთიერებები (კონტროლირებადი მინარევები, რომლებიც ქმნიან ეპიტაქსიურ ფენაში დონორულ ან აქცეპტორულ დონეებს) და გამხსნელი მეტალი (გალიუმი, კალა, ტყვია და სხვ.), რომელსაც უნდა ჰქონდეს დნობის დაბალი ტემპერატურა და მასში კარგად უნდა იხსნებოდეს როგორც ზემოთ ჩამოთვლილი ნივთიერებები, ასევე საფენის მასალა. ეპიტაქსიის პროცესი მიმდინარეობს ინერტული (არგონი, აზოტი) ან აღმდგენელი (წყალბადი) აირის ატმოსფეროში.

ხსნარი-ნადნობის კონტაქტი საფენის ზედაპირთან ხდება მისი გაჯერების ტემპერატურასთან შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე, რათა მასში გაიხსნას საფენის დაბინძურებული და თერმულად დაზიანებული თხელი ზედაპირული ფენა. ამ ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ იწყება სისტემის ნელი გაცივება. გაცივების პროცესში ხსნარი-ნადნობი გადადის ჯერ გაჯერებულ, შემდეგ გადაჯერებულ მდგომარეობაში, რომლის დროსაც იწყება “ჭარბი” ნახევარგამტარული მასალის გამოლექვა საფენზე. ეს უკანასკნელი თამაშობს მადედელების როლს. ამ პროცესში თანდათანობით მიმდინარეობს ნახევარგამტარული ფენის გაზრდა, რომელიც ზუსტად იმეორებს მადედელების კრისტალოგრაფიულ მიმართულებას.

ეპიტაქსიური ფენების ხარისხის განმსაზღვრელი, ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების გათვალისწინებით $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის ლეგირებული თხელი ფენების დასამზადებლად ჩვენს მიერ არჩეული იქნა თხიერ-ფაზური ეპიტაქსიის მეთოდი. მართლაც ხსნარი-ნადნობის საწყისი წონასწორული ტემპერატურა გაცილებით დაბალია ცალკეული კომპონენტის (InAs და GaAs) დნობის ტემპერატურებთან შედარებით; გარდა ამისა ეს პროცესი გაცივების სიჩქარის, ნადნობის მოცულობისა და საფენის ზედაპირის ფართობის შორის თანაფარდობის, გამხსნელი და გასახსნელი

ნივთიერებების ბუნების და საფენის ზედაპირის მდგომარეობის გათვალისწინებითაც ჩვენთვის უფრო მოსახერხებელი აღმოჩნდა აირფაზურ ეპიტაქსიასთან

შედარებით. თხიერფაზური ეპიტაქსიის მეთოდის არჩევა იმითაც იყო განპირობებული, რომ ლაბორატორიას გააჩნდა სამზონიანი ლუმელი, რომელშიდაც შესაძლებელი იყო 1500⁰C –მდე ტემპერატურის მიღწევა.

3. დანადგარი თხიერფაზური ეპიტაქსიისათვის

როგორც წინა თავში აღინიშნა, თხიერფაზური ეპიტაქსიის დანადგარი აწყობილ იქნა სამზონიანი ლუმელის C-2637–ის ბაზაზე. მოვახდინეთ ამ ლუმელის მოდერნიზაცია, დავამონტაჟეთ ტემპერატურის მართვისა და სტაბილიზაციის ელექტრონული ბლოკები, ლუმელის თითოეული ზონა აღვჭურვეთ პლატინა-პლატინაროდუმიის თერმოწყვილებით ПР- 30/6, დავამზადეთ და გამოვცადეთ კვარცის რეაქტორის რამდენიმე ვარიანტი, რომელთაც მიუსადაგეთ აირმიმწოდებელი სისტემა აირის ხარჯის მაკონტროლებელი რედუქტორითა და გამწოვი მოწყობილობით, დავამზადეთ რამდენიმე სახის გრაფიტის კასეტა ნახევარგამტარული საფენი ფირფიტების დამჭერითა და გადაადგილებადი ავზებით ნადნობებისათვის.

ჩვენს მიერ აწყობილი თხიერფაზური ეპიტაქსიის დანადგარის საერთო ხედი მოცემულია სურ. 1 – ზე. იგი შედგება შემდეგი კვანძებისაგან: ა) ლუმელთა აგრეგატი, ბ) კარადა ტემპერატურის მარეგულირებელი ბლოკებით, გ) კვარცის რეაქტორი, დ) აირმიმწოდებელი გამწოვი სისტემები.

ლუმელთა აგრეგატი შედგება სტელაჟისაგან, რომელშიც დამონტაჟებულია ორი ერთნაირი ლუმელი. ლუმელთა გამახურებელი კამერის შიდა დიამეტრი 90 მმ-ია. გამახურებელი დაყოფილია სამ სექციად. ტემპერატურის რეგულირება თითოეულში ხორციელდება შესაბამისი ტემპერატურის მარეგულირებლების საშუალებით, რომლებიც დადებითი გალვანური უკუკავშირებით არიან დაკავშირებული სექციებში განთავსებულ პლატინა-პლატინაროდუმიის თერმოწყვილებთან.

თხიერ-ფაზური ეპიტაქსიის დროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იზოტემპერატურული პლატოს არსებობას გამახურებელ კამერაში. ასეთი პლატოს ჩამოყალიბების და შენარჩუნებისათვის გამოიყენება ცენტრალური და განაპირა სექციების დიფერენცირებული ჩართვის ეფექტი, შესაბამისი თერმოწყვილების ჩვენებების მიხედვით. ლუმელის სექციებში ტემპერატურული რეჟიმების მრავალჯერადი ცვლილებებისა და დახვეწის შემდეგ ლუმელში მიღწეულია 110 მილიმეტრიანი იზოტემპერატურული პლატო, სადაც დაცულია ტემპერატურული ერთგვაროვნება 1⁰-ის ინტერვალში.

რეაქტორი (სურ.2) წარმოადგენს კვარცის მილს -1, რომლის დიამეტრია 70 მმ. და სიგრძე 800 მმ. მილის ერთი მხარე ღიაა, ხოლო მეორე ბოლოვდება მასზე მირჩილული უფრო მცირე დიამეტრის (10 მმ) კვარცის 35 სმ სიგრძის მილით -2. კონტეინერის შეტანის შემდეგ, რეაქტორის გახსნილი ბოლო პროცესის დაწყებამდე იხურება ტეფლონის რგოლისა-4 და ამავე მასალის მრგვალი სახურავი ფირფიტის-5 საშუალებით, რომელშიც მონტირებულია ვაკუუმური რეზინის საფენი. სახურავიდან სპეციალური საფენების გავლით, რეაქტორში შეყვანილია კვარცის მილი-6 აირის შესაშვებად და მოლიბდენის ღეროები -7 და -9, რომელთა საშუალებით ფიქსირდება რეაქტორში კონტეინერის მდებარეობა და სრულდება მისი სხვადასხვა ნაწილების გადაადგილება.

სურ. 1 თხიერფაზური ეპიტაქსიის დანადგარის საერთო ხედი



თხიერფაზური ეპიტაქსიის ჩასატარებლად ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და დამზადებული იქნა სპეციალური კონტეინერები. მასალად გამოვიყენეთ ოპტიკურად სუფთა გრაფიტი. კონტეინერები გამოსახულია სურ. 3-ზე, ხოლო მათი სქემატური ნახაზი მოცემულია სურ. 4-ზე. იგი შედგება კორპუსისგან – 1, რომელშიც ამოკვეთილია საფენი ფირფიტებისათვის სათავსო ღრმულები – 2 და კორპუსზე მოსრიალე ხუფისგან – 3, რომელშიც განთავსებულია გამჭოლი ორმოები - 4 (ავზები) ნადნობებისათვის. პროცესის ჩატარების დროს კონტეინერის ხუფის გასრიალებით ნადნობიანი ორმო თავსდება საფენიანი ღრმულის თავზე და ამ დროს ხდება კონტაქტი ნადნობისა საფენთან. პროცესის დამთავრების შემდეგ კი ხუფი იცვლის მდებარეობას და ზედმეტი ნადნობი სცილდება საფენს.

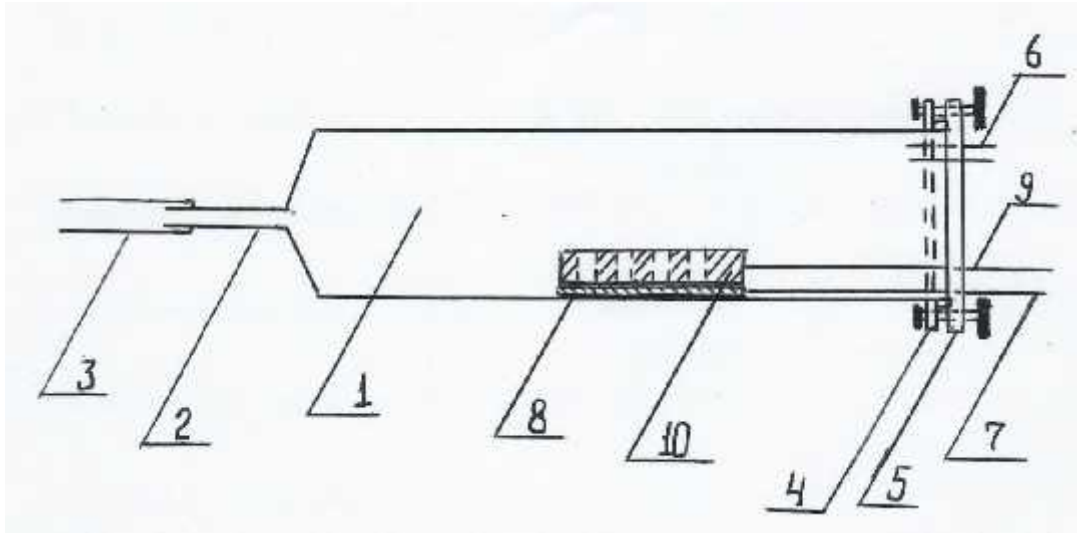
როგორც აღვნიშნეთ, სრულყოფილი ფენების მისაღებად უდიდესი მნიშვნელობა საფენი ფირფიტებისა და ნადნობის შემადგენელი კომპონენტების სწორად შერჩევას, მათ სისუფთავეს და წინასწარ მომზადებას. ეპიტაქსიური ფენების მისაღებად გამოვიყენეთ შემდეგი ნივთიერებები: ა) ГЛ 000 მარკის მეტალური გალიუმი; ბ) n-ტიპის არალეგირებული გალიუმის არსენიდი, რომელიც ოთახის ტემპერატურაზე შემდეგი პარამეტრებით ხასიათდებიან $n < 1.10^{17} \text{ см}^{-3}$ და ძვრადობა

>4000 სმ²/ვ.წმ; გ) (100) კრისტალოგრაფიული მიმართულების ნახევრადიზოლირებული ($n < 10^9$ სმ⁻³), p-ტიპის ($p > 10^{18}$ სმ⁻³) და n-ტიპის ($n > 10^{17}$ სმ⁻³) გალიუმის არსენიდის მონოკრისტალური საფენები; დ) 000 მარკის მეტალური ინდიუმი; ე) სილიციუმი; ვ) მეტალური ტელური; ზ) ПП3 მარკის გერმანიუმი.

4. საწყისი ნივთიერებები და მათი მომზადება თხიერფაზური ეპიტაქსიისათვის

გალიუმის არსენიდის მონოკრისტალური საფენები ჩამოჭრილი იყვნენ (100) კრისტალოგრაფიული მიმართულებით გაზრდილი მონოკრისტალური სხმულებიდან. ამ მიმართულებიდან გადახრა არ აღემატებოდა 0,1 გრადუსს. საფენების “სამუშაო” მხრიდან იხეხებოდა მქრქალი მინის ზედაპირზე ჯერ 10, შემდეგ 5 მიკრონიანი ალმასის ფხვნილით და პოლირდებოდა ბატისტის ზედაპირზე 0,5 მიკრომეტრის ზომის ალმასის პასტით. ამის შემდეგ ვაწარმოებდით მათ განცხიმვას ჯერ ტოლუოლში, შემდეგ იზოპროპილის სპირტში და ბოლოს დისტილირებულ წყალში მათი წამოდუდებით ხუთ-ხუთი წუთის განმავლობაში. უშუალოდ თხიერფაზური ეპიტაქსიის ჩატარების წინ გალიუმის არსენიდის საფენები 30წამის განმავლობაში იწამლებოდა მომწამვლელ ნარევეში $3H_2SO_4:1H_2O_2:1H_2O$, რის შემდეგაც იგი 5 წუთის განმავლობაში ირეცხებოდა გამდინარე დისტილირებულ წყალში და ერთი საათის განმავლობაში შრებოდა თერმოსტატში 100⁰ C ტემპერატურაზე.

სურ. 2 კვარცის რეაქტორის სქემატური გამოსახულება

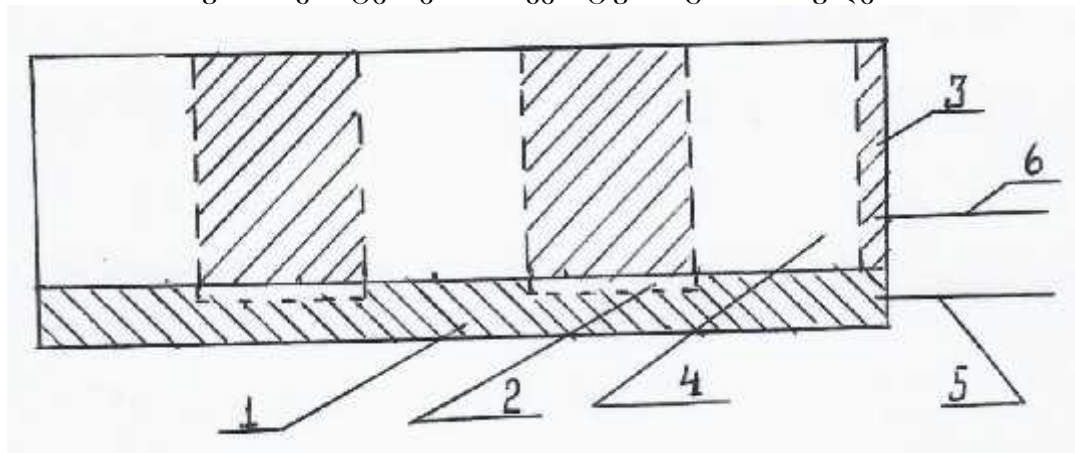


სურ. 3

თხიერფაზური ეპიტაქსიის დროს გამოყენებული გრაფიტის კონტეინერები



სურ. 4 კონტეინერის სქემატური გამოსახულება



ინდიუმის მოწამვლა ხდებოდა ნარევი $25\text{H}_3\text{PO}_4:1\text{HNO}_3$ ხუთი წამის განმავლობაში; გერმანიუმისა და სილიციუმის – $2\text{HNO}_3:1\text{HF}$ -ში ორი წამის განმავლობაში, რის შემდეგაც ისინი ხუთი წუთის განმავლობაში ირეცხებოდნენ გამდინარე დისტილირებულ წყალში და შრებოდნენ თერმოსტატში 100°C -ზე 30 წუთის განმავლობაში.

რაც შეეხება გალიუმსა და ტელურს, ეპიტაქსიის წინ არ ხდებოდა მათი ქიმიური დამუშავება.

ეპიტაქსიური პროცესების ჩატარებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნაღობის შემადგენლობის სკურპულოზურ დაცვას, ამიტომ ხდებოდა შემადგენელი კომპონენტების ზუსტი აწონვა ანალიზურ სასწორზე BA1-200.

ნახევრადიზოლირებული გალიუმის არსენიდის საფენს ვიყენებდით მაშინ, როცა გვინდოდა ეპიტაქსიური ფენის ელექტრო-ფიზიკური პარამეტრების გაზომვა, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში დაბალმიანი საფენი მოახდენდა ფენაში გამავალი დენის ნაწილობრივ დაშენტვას და ელექტრო-

ფიზიკური პარამეტრებისათვის მივიღებდით მცდარ მნიშვნელობებს. სწორედ ამ მიზეზის გამო პოლის მაგნიტური ველის სენსორისთვისაც ეპიტაქსიურ ფენას ვზრდიდით მაღალომიან საფენზე. დაბალომიანი p -ტიპის გალიუმის არსენიდის საფენი ჩვენ გამოვიყენეთ მასზე p - n n -ტიპის ეპიტაქსიური ფენის გასაზრდელად, რადგან წარმატებული პროცესის შემთხვევაში ვლენულობდით $nIn_xGa_{1-x}As-pGaAs$ დიოდს.

ანალოგიურად დაბალომიანი n -ტიპის საფენზე $pIn_xGa_{1-x}As$ -ის ეპიტაქსიური ფენის გაზრდით კვლავ $pIn_xGa_{1-x}As-nGaAs$ დიოდს ვლენულობდით. შოტკის ბარიერებისათვის კი n -ტიპის საფენზე n -ტიპის, ხოლო p -ტიპის საფენზე p -ტიპის ფენებს ვზრდიდით.

5. ეპიტაქსიური ფენების მიღება

ფენების მიღებას ვაწარმოებდით ჩვენს მიერ შექმნილ ზემოთ აღწერილ დანადგარზე კლასიკური თხიერფაზური ეპიტაქსიის ტექნოლოგიით. საჭირო პარამეტრების ეპიტაქსიური ფენების მისაღებად ჩვენს მიერ ჩატარებული რიგი ექსპერიმენტების შედეგად დადგინდა ნაღნობის შემადგენელი ელემენტების წონითი თანაფარდობები, რომლებიც მოყვანილია ცხრილ 1-ში.

ეპიტაქსიის დაწყების წინ გრაფიტის კონტეინერის სათანადო ნაწილებში ვათავსებდით ზემოთაღწერილი მეთოდებით წინასწარ მომზადებულ გალიუმის არსენიდის საფენს და და ნაღნობის შემადგენლობის შესაბამისი კომპონენტების ნაკრებს. ამის შემდეგ იგი შეგვქონდა კვარცის რეაქტორში, ვათავსებდით მისი ღია ბოლოს მახლობლად (ღუმელის მოქმედების არის მიღმა), ვხურავდით რეაქტორს ტეფლონის რგოლისა და სახურავის საშუალებით და 15 წუთის განმავლობაში მასში ვატარებდით არგონს. რეაქტორის ჰაერისაგან ამგვარი გასუფთავების შემდეგ ვრთავდით ღუმელის გახურების რეჟიმს და როდესაც (დაახლოებით ერთი საათის შემდეგ) ტემპერატურა სასურველ მნიშვნელობას აღწევდა, კონტეინერი მოლიბდენის პირველი ღეროს -7 (იხ. სურ. 2) საშუალებით შეგვქონდა ღუმელის სიღრმეში, იზოტემპერატურული ზონის ცენტრში, სადაც პროცესის ბოლომდე ფიქსირდებოდა მისი მდებარეობა. კონტეინერის გადაადგილებისას მასზე განთავსებული მოსრიალე ხუფი

ცხრილი 1. ნაღნობა შემადგენელი კომპონენტების წონითი თანაფარდობები

კომპონენტთა წონითი თანაფარდობა, %						ფენის ზრდის ტემპ. ინტერვალი, C°	ფენის გამტარებლობა ტიპი
Ga	GaAs	In	Te	Ge	Si		
82,13	17,17	0,68	0,02	-	-	940-920	n
82,52	17,08	0,57	-	0,83	-	930-910	p
82,86	16,15	0,58	-	-	0,41	940-930	n
						930-910	p

უძრავადაა, რასაც მოლიბდენის მეორე -9 ღეროს საშუალებით ვაღწევდით. კონტეინერს ამ ტემპერატურაზე, რომელიც მასში მყოფი ხსნარი-ნაღნობის შემადგენლობისათვის ნაჯერობის ტემპერატურას 5 გრადუსით აღემატება, ვაყოვნებდით ერთი საათის განმავლობაში, რაც საჭირო იყო კონტეინერისა და მისი შიგთავსის ტემპერატურის დასასტაბილურებლად. შემდეგ ვოლფრამის მეორე ღეროს -9 საშუალებით ვახდენთ კონტეინერის მოძრავი ხუფის გასრიალებას იმდენად, რომ

ნადნობიანი ავზი აღმოჩნილიყო საფენიანი ღრმულის თავზე. ამ დროს ნადნობი იღვრებოდა საფენის ზედაპირზე.

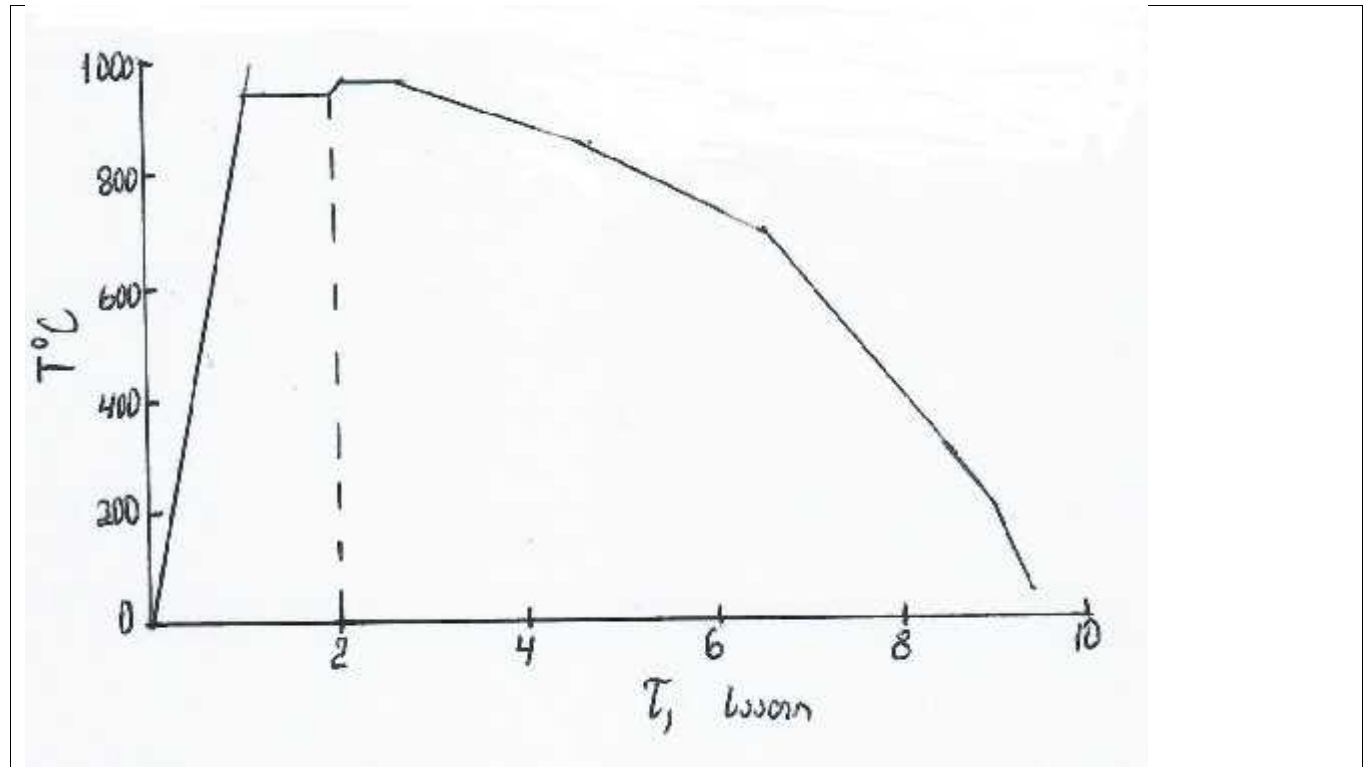
უნდა აღინიშნოს, რომ საფენის თერმული ზემოქმედებისგან დაზიანებული თხელი (10-15 მკმ) ფენის მოწამვლის (მოხსნის) აუცილებლობის გამო, საფენ-ნადნობის კონტაქტის შემდეგ ვახდენდით ტემპერატურის მომატებას კიდევ 20 გრადუსით. ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ საფენის ნაჯერ ხსნარ-ნადნობთან კონტაქტის შემდეგ ტემპერატურის ნელი მომატება იწვევდა ზედაპირული ფენის არათანაბარ მოწამვლას, რის გამოც საფენი-ფენის საზღვარი ტალღური ფორმის გამოდიოდა. მეორე მხრივ, ტემპერატურის სწრაფი მომატებით არასრული ნაჯერობის ხსნარ-ნადნობის მიერ საფენის ზედაპირის დასველების შემდეგ საფენის ზედაპირი საკმაოდ ღრმად იწამვლებოდა, ხოლო საზღვარი ფენა-საფენი იყო თანაბარი.

მომატებულ ტემპერატურაზე 20-30 წუთიანი დაყოვნების შემდეგ იწყებოდა რეაქტორის იძულებითი გაცივება წუთში 0,5 გრადუსი სიჩქარით 90-120 წუთის განმავლობაში. გაცივების პროცესში ხსნარი-ნადნობი გადადის ჯერ უჯერიდან ნაჯერ და მერე ნაჯერიდან გადაჯერებულ მდგომარეობაში. ამ დროს გაჩენილი “ზედმეტი” მყარიხსნარი იწყებს გამოლექვას საფენის ზედაპირზე და იწყება ეპიტაქსიური ფენის ზრდა. ფენის ზრდის პროცესის დასრულების შემდეგ მოლიბდენის მეორე ღეროს საშუალებით კონტეინერის ზუფს ვაბრუნებთ საწყის მდებარეობაში და ამით დარჩენილ ნადნობს ვაცილებთ გაზრდილი ეპიტაქსიური ფენის ზედაპირს, რის შემდეგაც ვცვლიდით გაცივების სიჩქარეს წუთში 1 გრადუსამდე. 2 საათის შემდეგ ხდება ლუმელის გამორთვა და კონტეინერი ცივდება “გამორთული ლუმელის” რეჟიმში. დაახლოებით ორი საათის შემდეგ მოლიბდენის პირველი ღეროს საშუალებით ვახდენდით კონტეინერის გამოცურებას ტეფლონის სახურავის მახლობლად და ამით ვაცილებდით მას ლუმელის მოქმედების არეს. და ამ მდებარეობაში იგი ნახევარი საათის განმავლობაში ცივდება 100 გრადუსამდე. ამის შემდეგ ჩვენ ვწყვეტთ არგონის მიწოდებას. მთელი აღწერილი ტექნოლოგიური პროცესის განმავლობაში რეაქტორში გაედინებოდა არგონი, რომლის ხარჯი იყო საათში 2 ლიტრი.

$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}(\text{Si})$ -ის ფენის მიღების ეპიტაქსიური პროცესის ტემპერატურულ-დროითი დიაგრამა მოცემულია სურ. 5-ზე.

რეაქტორიდან გამოღებული ნიმუშების ეპიტაქსიური ფენების ზედაპირს გალიუმის ნარჩენ კვალს ვაცილებდით ჯერ სპირტში დასველებული ბამბის ტამპონებით და შემდეგ მისი წამოდულებით $1\text{HCl}:1\text{H}_2\text{O}$ ნარევეში. მიღებული ეპიტაქსიური ფენების გეომეტრიას ვაკვირდებოდით ნიმუშის განივ ნაპობზე (რასაც წინასწარ ვწამლავდით $1\text{H}_2\text{SO}_4:1\text{H}_2\text{O}_2:10\text{H}_2\text{O}$ ნარევეში 30 წამის განმავლობაში) მიკროსკოპის МИМ-7 საშუალებით (300-ჯერ გადიდებისას).

სურ. 5 ეპიტაქსიური პროცესის ტემპერატურულ-დროითი დიაგრამა



6. ეპიტაქსიური ფენების ელექტროფიზიკური პარამეტრების გამოკვლევა

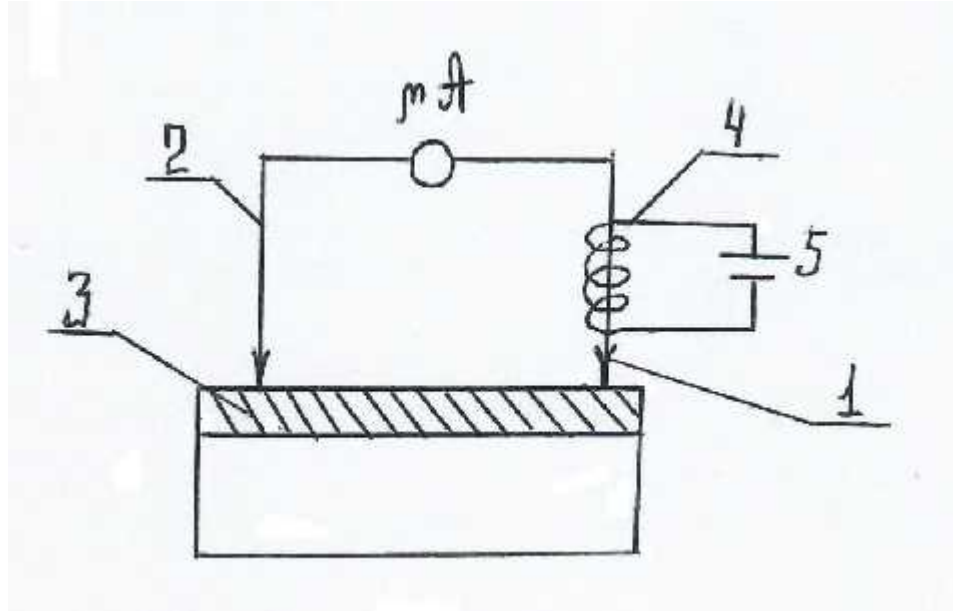
ზედმეტი გალიუმის ნარჩენებისგან გაწმენდის შემდეგ ხდებოდა მიღებული ეპიტაქსიური ფენების თვისებების შესწავლა. უპირველესად ვადგენდით მათი გამტარებლობის ტიპს. ამისათვის ჩვენ გამოვიყენეთ ცხელი ზონდის მეთოდი (იხ. სურ. 6). ერთი ზონდი-1 (“ცხელი”), რომელზედაც დახვეულია ნიქრომის სპირალი-4, და ცხელდება ამ უკანასკნელში დენის გატარებით მუდმივი დენის წყაროდან-5, ედება ეპიტაქსიური ფენის-3 რომელიმე წერტილს, ხოლო მეორე ზონდი-2 (“ცივი”) – პირველისგან მოშორებით სხვა წერტილს. ცხელი და ცივი ზონდების შეხების წერტილებს შორის წარმოქმნილი ტემპერატურული გრადიენტი ეპიტაქსიური ფენის დენის თავისუფალი მატარებლების დრეიფს. ამ დრეიფული დენის მიმართულება, რომელიც ფიქსირდება წრედში ჩართული მიკროამპერმეტრით, დამოკიდებულია დენის მატარებლის ნიშანზე. ასე დგინდება ეპიტაქსიური ფენის გამტარებლობის ტიპი. შემთხვევით ცხრილ 1-ში შეტანილია აგრეთვე ინფორმაცია სხვადასხვა მინარევებით ლეგირებისას მიღებული ეპიტაქსიური ფენების გამტარებლობის ტიპის შესახებ.

ფენების ელექტროფიზიკური პარამეტრები (კუთრი წინაღობა, დენის მატარებელთა კონცენტრაცია და ძვრადობა) იზომებოდა ვან-დერ-პაუს მეთოდით. გაზომვებისათვის ვიყენებდით ჩვენს მიერ კონსტრუირებულ კრიოსტატს, რომლის სქემატური გამოსახულება ნიმუშის დამჭერთან ერთად მოცემულია სურ.7-ზე. ნიმუშის -2 დამჭერის მაგიდა -1 წარმოადგენს ტეფლონის ფირფიტას, რომელზედაც განთავსებულია სპილენძის ოთხი საკონტაქტე -3. მათზე ერთის მხრიდან სპილენძის წვრილი მავთულებით მირჩილულია გასაზომი ნიმუშის ოთხი კონტაქტი, ხოლო მეორედან უჟანგავი ფოლადის თხელკედლიან მილში -6 გამავალი სპილენძის სადენებით უკავშირდება სამართავი პულტის ყუთს -7. კრიოსტატს გააჩნია ვაკუუმური გარსაცმი -5 და აზოტისათვის ჭიქა -4, რაც იძლევა გაზომვების ჩატარების საშუალებას აზოტიდან ოთახის ტემპერატურამდე.

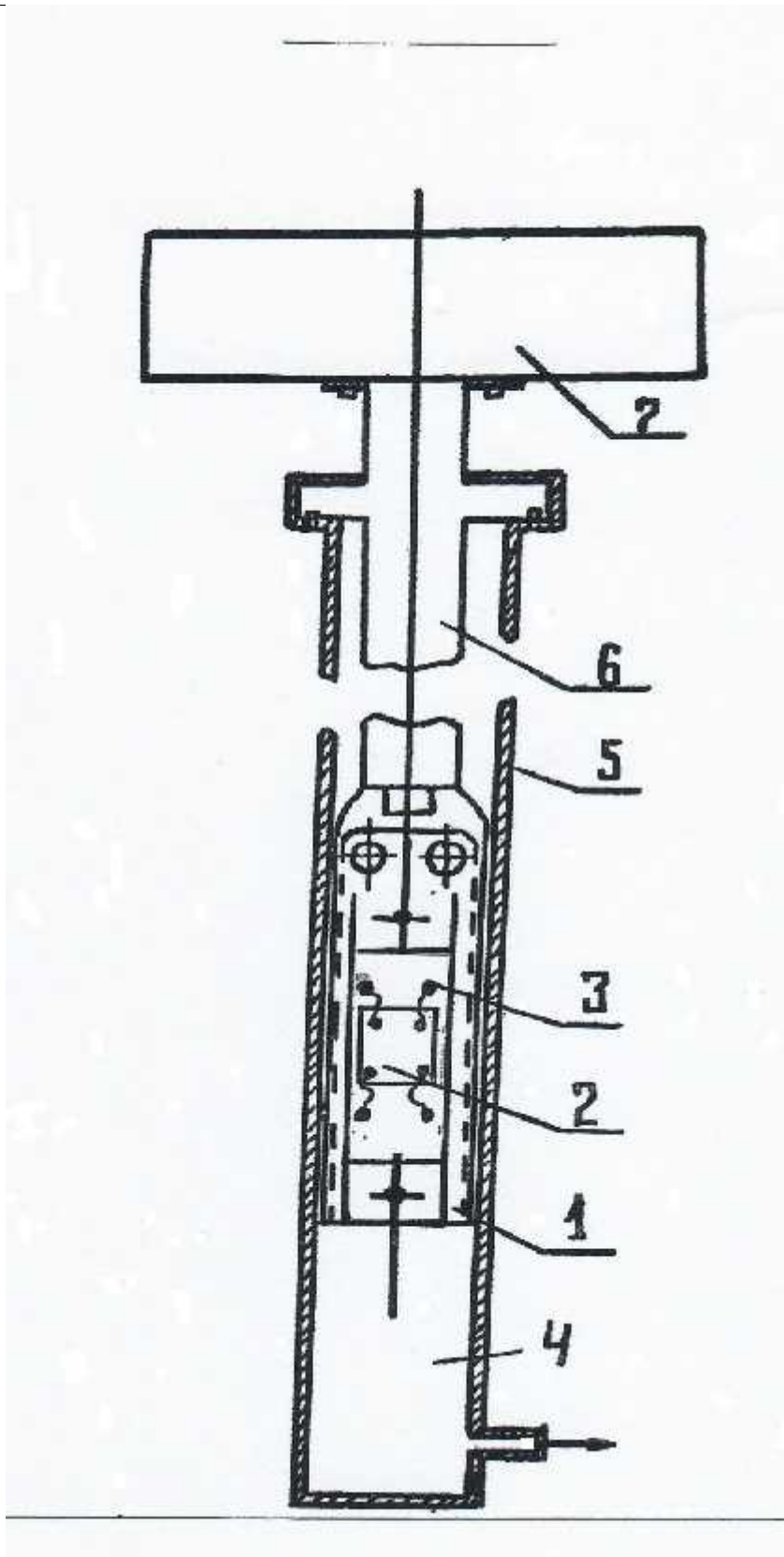
მიღებული ეპიტაქსიური ფენების ელექტროფიზიკური პარამეტრების გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილ 2-ში. როგორც იყო მოსალოდნელი, არალეგირებული $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ მყარი ხსნარები ხასიათდებიან n- ტიპის გამტარებლობით, ტელური და სელენი გვამლევენ დონორულ

მინარეებს, გერმანიუმი – აქცეპტორულს. მეტად საინტერესოდ იქცევა სილიციუმი. როგორც ცხრილი 1-დანაც ჩანს 940-930 ტემპერატურულ ინტერვალში იგი დონორულ მინარეებს იძლევა, ხოლო უფრო დაბალ ტემპერატურებზე გვევლინება როგორც აქცეპტორი.

სურ.6 ცხელი ზონდის მეთოდი



სურ. 7 აზოტის კრიოსტატი



ცხრილი 2. ეპიტაქსიური ფენების ელექტროფიზიკური პარამეტრები

	მინარევი	გამტარებლობის ტიპი	ჰოლის კოეფ. R სმ ³ /კულ.	n, p სმ ⁻³	ძვრადობა სმ ² /ვ.წმ	კუთრი წინაღობა, ომი.სმ
1.	-	n	0,89	7,0 · 10 ¹⁸	4000	2,3·10 ⁻⁴
2	-	n	1,18	5,3·10 ¹⁸	5800	2,0 · 10 ⁻⁴
3	Te	n	0,52	1,2·10 ¹⁹	3800	1,3 · 10 ⁻⁴
4	Se	n	0,27	2,3·10 ¹⁹	3100	0,9·10 ⁻⁴
5	Ge	p	0,25	2,5·10 ¹⁹	380	6,6·10 ⁻⁴
6	Si	p	0,12	5,4·10 ¹⁹	300	3,8·10 ⁻⁴

7. მიღებულ ეპიტაქსიურ ფენებზე p-n დიოდების და ჰოლის მაგნიტური ველის სენსორის დამზადება

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ p-n გადასასვლელების დასამზადებლად დაბალომიანი p-ტიპის გალიუმის არსენიდის საფენზე ჩვენ გავზარდეთ n-ტიპის In_xGa_{1-x}As-ის ეპიტაქსიური ფენა და მივიღეთ nIn_xGa_{1-x}As-pGaAs დიოდი, ხოლო n-ტიპის GaAs-ის საფენზე გავზარდეთ pIn_xGa_{1-x}As-ის ეპიტაქსიური ფენა და მივიღეთ pIn_xGa_{1-x}As-nGaAs დიოდი. გარდა ამისა ჩვენ მივიღეთ p-n გადასასვლელის კიდევ ერთი ვარიანტი pIn_xGa_{1-x}As(Si)-nIn_xGa_{1-x}As(Si)-nGaAs, რომელიც მიიღება სილიციუმით ლეგირებული In_xGa_{1-x}As-ის გაზრდის პროცესში. დიოდის დასამზადებლად აუცილებელი იყო ომური საკონტაქტე მეტალის შერჩევა n- და p - ფენებისათვის. ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით [7] p- ტიპის მყარ ხსნარებზე დაბალომიანი ომურ კონტაქტებს იძლევა ოქრო, მაგრამ რადგან ამ მასალის გამოყენება ჩვენთვის მოუხერხებელი იყო, ამიტომ შევეცადეთ მისთვის შემცვლელი მოგვეჩვენა.

ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ n-ტიპის In_xGa_{1-x}As - თან კალა, ხოლო pIn_xGa_{1-x}As-თან ინდიუმი იძლევიან დაბალომიან ომურ კონტაქტებს. კონტაქტების შეღობა ხდებოდა ვაკუუმში 500⁰ ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში. მიღებული კონტაქტების ხარისხი მოწმდებოდა მახასიათებელმზომი ΠHXT-ს საშუალებით.

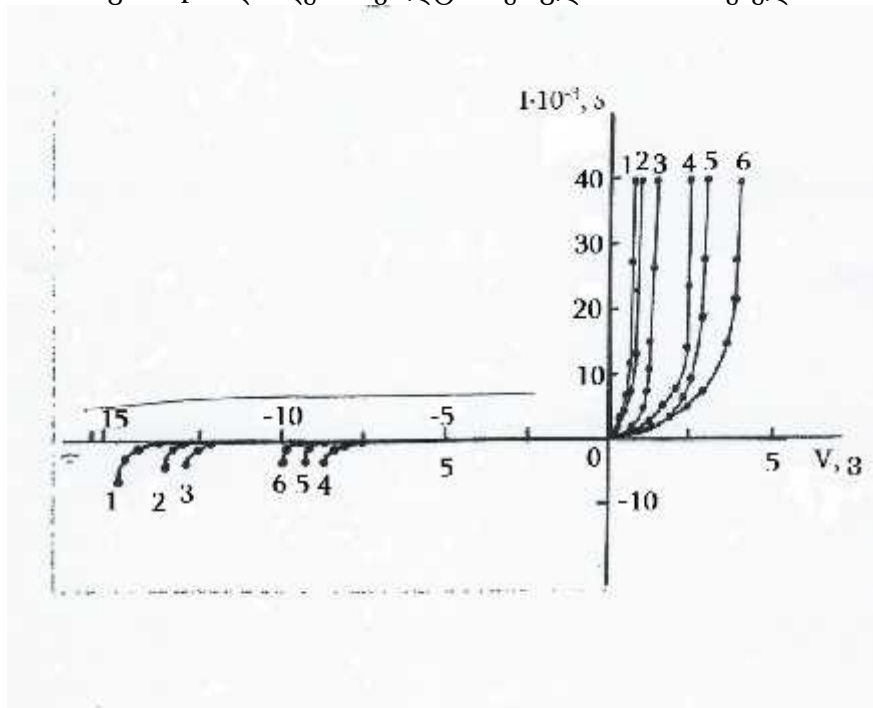
მიღებული დიოდების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები მოყვანილია სურ. 8-ზე. როგორც ვხედავთ ისინი ბევრად არ განსხვავდებიან ლიტერატურაში ცნობილი დიოდებისგან. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ გამშვები მიმართულებით ძაბვის ვარდნა პირველი და მეორე მეთოდით დამზადებულ დიოდებზე (4, 5, 6 მრუდები) 5-8 ვოლტია და აღემატება მესამე მეთოდით დამზადებული დიოდების (1, 2, 3, მრუდები) იგივე პარამეტრს, რომელიც 1,5 – 3 ვოლტია. ამასთან ამ უკანასკნელთა გარღვევის ძაბვები მეტია პირველი და მეორე მეთოდით დამზადებულ დიოდებისაზე. ეს შედეგი ჩვენ ავხსენით პირველი და მეორე მეთოდით დამზადებულ დიოდებში უფრო გრძელი გარდამავალი ფენის არსებობით.

შოტკის ბარიერის დასამზადებლად ჩვენ გამოვიყენეთ n-ტიპის GaAs-ის საფენზე გაზრდილი n-ტიპის In_xGa_{1-x}As-ის ეპიტაქსიური ფენა, ლეგირებული ტელურით. საკონტაქტე მასალად ფენისთვის გამოვიყენეთ მეტალური ალუმინი, ხოლო საფენისათვის - კალა. ალუმინის კონტაქტს

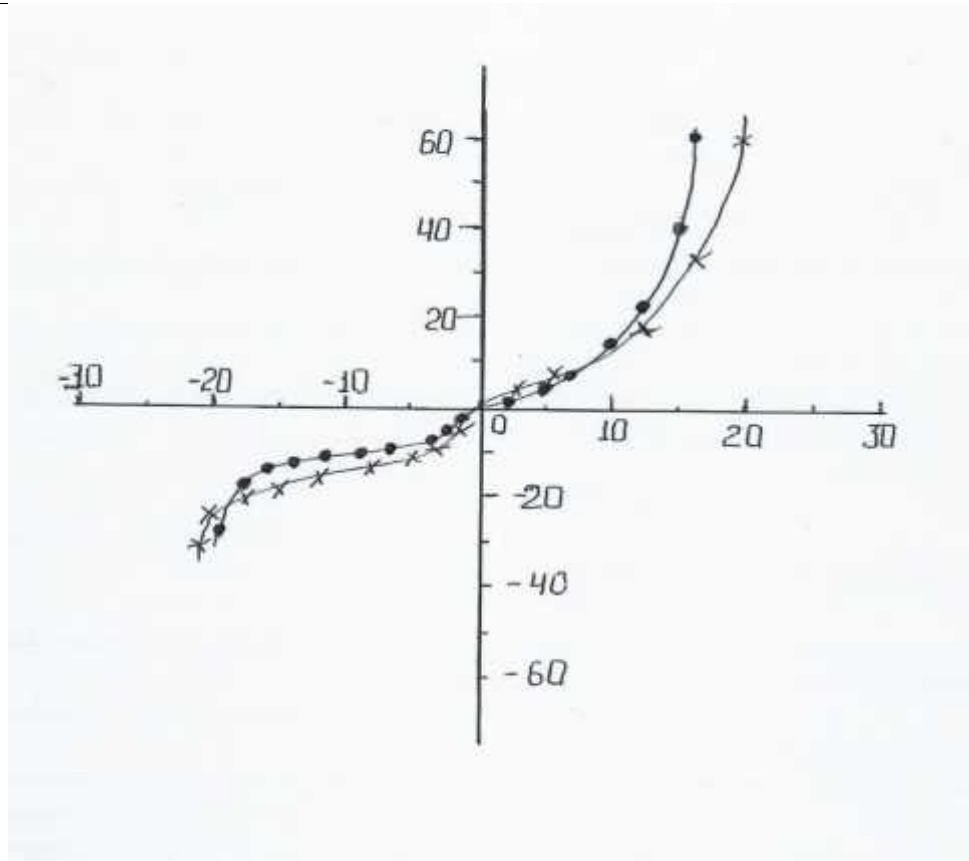
ვლებლობდით $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ –ის ფენაზე ალუმინის ვაკუუმური დაფრქვევის მეთოდით, რომელიც სრულდებოდა დანადგარზე YPH-2. ამ პროცესისას ვიყენებდით სპეციალურ ნილაბს. დაფრქვევის შემდეგ ხდებოდა ალუმინის შეღობა ვაკუუმში 550°C ტემპერატურაზე 10 წუთის განმავლობაში, ხოლო კალის კონტაქტის დატანის წესი ანალოგიურია ზემოთ აღწერილისა. მიღებული ნიმუშების ვოლტ-ამპერული მახასიათებლები სურ. 9-ზე. დადგინდა, რომ სისტემას უდავოდ გააჩნია დენის გამართვის თვისება, მაგრამ ვოლტ-ამპერული მახასიათებლიდან ჩანს, რომ პირდაპირ და უკუ ძაბვებს შორის განსხვავება სასურველზე მცირეა და გარდა ამისა გარღვევის ძაბვაც არაა საკმაოდ დიდი.

მიღებული შედეგი ჩვენ ავსენით იმით, რომ მართალია ალუმინი გვაძლევს გამმართველ კონტაქტს n-ტიპის $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის ეპიტაქსიურ ფენაზე, მაგრამ მისი დატანის ჩვენს მიერ გამოყენებული მეთოდი არაა ოპტიმალური და მოითხოვს დახვეწას.

სურ.8 p-n დიოდების ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი



სურ. 9 შოტკის დიოდების ვოლტ-ამპერული მახასიათებელი



ჰოლის მაგნიტური სენსორის დასამზადებლად ჩვენ გამოვიყენეთ ქრომიტა და ჟანგბადით ლევირებულ ნახევრადიზოლირებულ GaAs-ის საფენზე გაზრდილი, ტელურით ლევირებული $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის ფენა. იგი იყო n-ტიპის გამტარებლობის და ჰქონდა შემდეგი ელექტრო-ფიზიკური პარამეტრები (ოთახის ტემპერატურაზე): ხვედრითი წინაღობა $7,4 \cdot 10^{-4}$ ომი.სმ, ჰოლის კოეფიციენტი $1,16$ სმ³.კულ⁻¹, ელექტრონთა კონცენტრაცია $5,4 \cdot 10^{18}$ სმ⁻³, ძვრადობა 1570 სმ².ვ⁻¹წმ⁻¹. ფირფიტიდან ამოვჭერით $5\text{მმ} \times 5\text{მმ}$ ზომის კვადრატები და მის კუთხეებში, ზემოთ აღწერილი მეთოდით, დავსვით კალის ოთხი დაბალმოძიანი წერტილოვანი ომური კონტაქტი. როცა კონტაქტები სიმეტრიულად არიან დასმული, მაშინ ორ მოპირდაპირე კონტაქტს შორის დენის გატარებისას მათ მიმართ ჯვარედინად მდებარე კონტაქტებს შორის ძაბვა არ ფიქსირდებოდა. ნიმუშზე სიბრტყის მართობული მაგნიტური ველის მოდება, იწვევს რა მოძრავი მუხტების სწორხაზოვანი ტრაექტორიის გამრუდებას, წარმოშობს ამ უკანასკნელ კონტაქტებს შორის პოტენციალთა სხვაობის (ჰოლის ძაბვის) გაჩენას, რაც ფიქსირდება მილივოლტმეტრით. სურ. 12-ზე მოყვანილია ერთი ასეთი ნიმუშისათვის ჰოლის ძაბვის სიდიდის დამოკიდებულება მაგნიტური ველის დაძაბულობაზე (ნიმუშში გამავალი დენის ძალა ტოილი იყო $3,6 \cdot 10^{-2}$ ა-ის. მართალია წარმოდგენილ ნიმუშზე ჰოლის ძაბვა არც თუ ისე დიდია, მაგრამ უფრო სუფთა ფენის გამოყენებისას, რომლის შესაბამისი ელექტრონთა ძვრადობა გაცილებით უნდა აღემატებოდეს აქ განხილულისას, უნდა მოველოდეთ სენსორის მგრძობიარობის მკვეთრად გაზრდას. ასე, რომ საწყისი მასალების სისუფთავის გაზრდით და ტექნოლოგიური პროცესის დახვეწით მოსალოდნელია უფრო მაღალი შედეგების მიღწევა.

8. $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის სინთეზის საკითხის შესწავლა

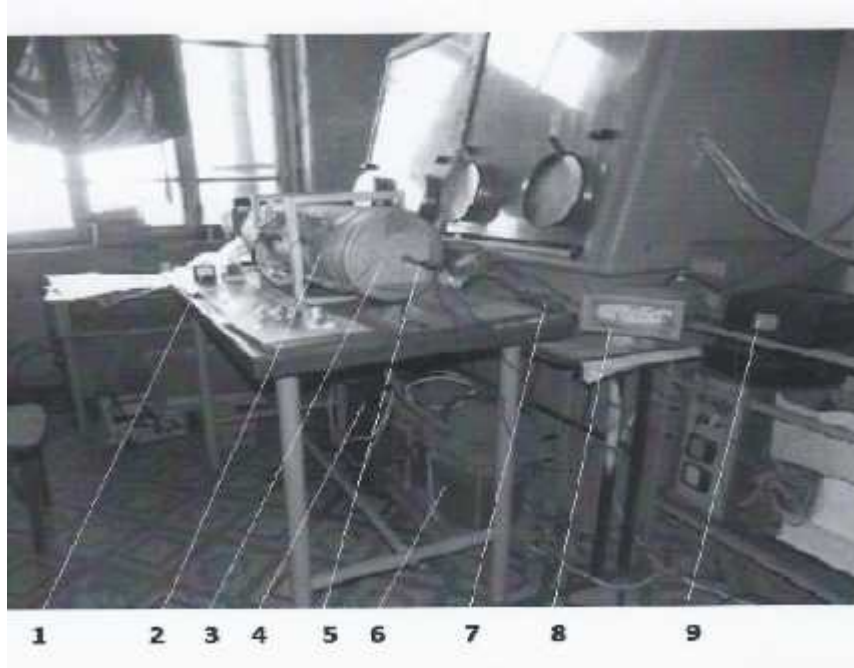
როგორც ზემოთ აღინიშნა, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -ის მყარი ხსნარების მისაღებად მრავალი მეთოდი არსებობს,

რომელთაგანაც ოპტიმალურის არჩევა განპირობებულია დასმული ამოცანის მიზნებსა გამოყენების მასშტაბებზე. უწყვეტი მყარი ხსნარების მდგომარეობის დიაგრამა [10-12] გვიჩვენებს, რომ გამყარების პროცესში GaAs-ის და InAs-ის ნაღობიდან GaAs უფრო სწრაფად გადადის InGa_{1-x}As-ის მყარ ფაზაში, ვიდრე InAs, რის გამოც ნარჩენი ნაღობი უფრო მდიდრდება ამ უკანასკნელი კომპონენტით. ამიტომ ჩოხრალსკის მეთოდით [7] InGa_{1-x}As-ის მონოკრისტალების ამოწვევისას სხმულის დასაწყისში ჭარბობს GaAs-ის პროცენტული შემადგენლობა, ხოლო ბოლოსკენ – InAs-ისა. ეს თვისება გამოიყენება ამოწვეული სხმულის გასწვრივ უწყვეტად ცვლადი პროცენტული შემადგენლობის In_xGa_{1-x}As-ის მყარი ხსნარების მისაღებად. ცხადია კვლევების ჩასატარებლად ეს შედეგი მეტად საინტერესოა, მაგრამ რადიაციის მიმართ მდგრადობის თვალსაზრისით ჩვენთვის საჭირო იყო სრულიად გარკვეული შემადგენლობის In_xGa_{1-x}As-ის მყარი ხსნარი [7], [13], სადაც $x=0,3$. ასეთი შემადგენლობის ერთგვაროვანი In_xGa_{1-x}As მეტად მოსახერხებელია აგრეთვე თხიერფაზური ეპიტაქსიის ზემოთაღწერილი პროცესისთვის კაზმის მოსამზადებლად.

ამ მოსაზრებათა გამო ჩვენი ამოცანის მიზანი იყო ერთნაირი შემადგენლობის In_{0,3}Ga_{0,7}As-ის სინთეზის შესწავლა. ამისათვის ჩვენს მიერ კონსტრუირებული და აწყობილი იქნა დანადგარი, რომელიც წარმოდგენილია სურ. 10-ზე.

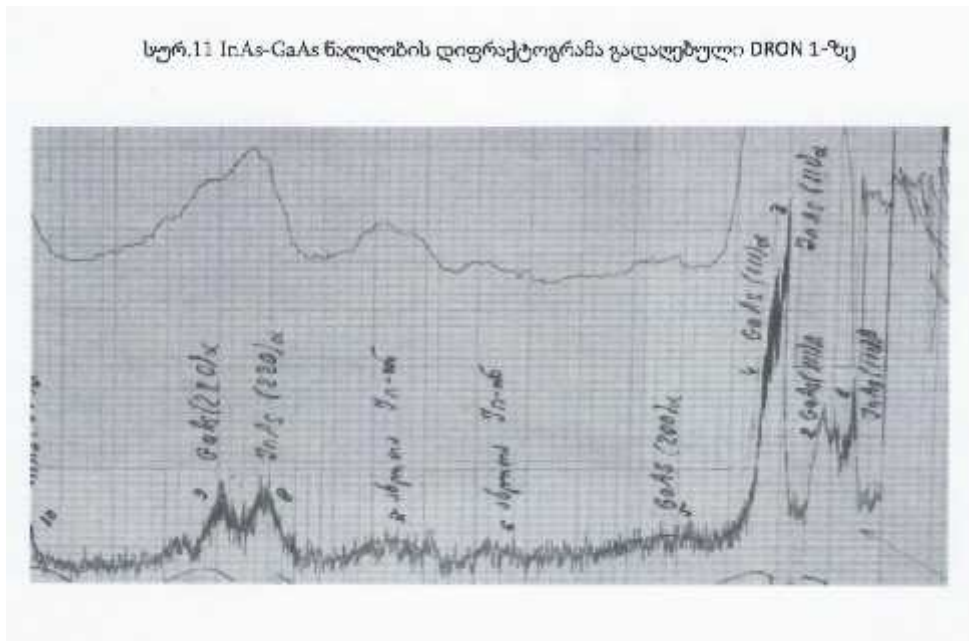
იგი წარმოადგენს ლუმელს (2), რომელშიც გადის დენი ტირისტორების (7), ავტოტრანსფორმატორის PHO-40 (4) და ტრანსფორმატორის OCY -20 (6) გავლით. ლუმელში შეყვანილია ორი პლატინა-პლატინაროდუმიის თერმოწყვილი. ერთი თერმოწყვილი –(5), რომელიც ლუმელის სახურავში (3) დატანებული ხვრელიდან შედის მის სიღრმეში და განთავსებულია კაზმის უშუალო მახლობლობაში და მეორე - შეყვანილი ლუმელის ცენტრალურ ნაწილში დაკავშირებულია ტემპერატურის მარეგულირებელ მოწყობილობასთან (8), რომლის ჩვენების მიხედვითაც მარეგულირებელი აწოდებს სიგნალს ტირისტორების მმართველ ელექტროდებს, რაც იწვევს ძაბვის ჩართვას ან გამორთვას ავტოტრანსფორმატორზე. 5-თერმოწყვილის ჩვენებები აღირიცხება მილივოლტმეტრზე – 9, ხოლო ლუმელის ხვიებში გამავალი დენი იზომება ამპერმეტრის – 1 საშუალებით.

GaAs და InAs ბინარული ნაერთები მიეკუთვნებიან სფალერიტის სტრუქტურას, აქედან გამომდინარე მათ საფუძველზე მიღებული GaInAs მყარი ხსნარის კრისტალური მესრის პარამეტრი დამოკიდებულია GaAs და InAs -ის კონცენტრაციების ცვლილებაზე და ვეგარდის კანონის საფუძველზე იცვლება. მისი მნიშვნელობა მერყეობს $a=5,64_{\text{GaAs}} A^0$ და $a=6,048_{\text{InAs}} A^0$ შორის. GaAs და InAs შორის სინთეზის და შემდგომი გამოწვის შემდეგ რენტგენოგრაფიაზე მიღებული დიფრაქციული მრუდები თანდათანობით ერთმანეთს უახლოვდება და გარკვეულ მომენტში ხდება მათი გაერთიანება, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ ჩამოყალიბდა ერთიანი მყარი ხსნარი GaInAs. ჩვენს მიერ მიღებულ დიფრაქტოგრამაზე ასეთ გაერთიანებას ადგილი არა აქვს. დიფრაქტოგრამაზე დაიმზირება შემდეგი სიგნალები: N4- GaAs G(111) , N5- GaAs (200) N9- GaAsA(220) , N3- InAs(111) ; N8- InAs (220) ; N10- InAs (311) ; ასევე ჩანს ცალკე, In-ის სიგნალებიც: 6 და 7. ისინი ნაკლებად მკვეთრად არიან გამოხატული, მაგრამ მხედველობაში უნდა მივიღოთ. თუ დავაკვირდებით დიფრაქტოგრამაზე მიღებული GaAs - ის და InAs - ის დიფრაქტის კუთხეების მნიშვნელობებს შევნიშნავთ, რომ მათი სიდიდეები გარკვეული კანონზომიერებით განსხვავდება სუფთა მდგომარეობაში არსებული GaAs და InAs დიფრაქტაციის კუთხეების მნიშვნელობებისგან. ეს კანონზომიერება იმაში გამოიხატება, რომ ექსპერიმენტულად მიღებული GaAs - ის კუთხეების მნიშვნელობები ყოველთვის უფრო ნაკლებია სუფთა GaAs კუთხეების მნიშვნელობებზე, ხოლო InAs-ის კი - მეტი. აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნით, რომ GaAs-ის და InAs-ის სინთეზის პროცესი

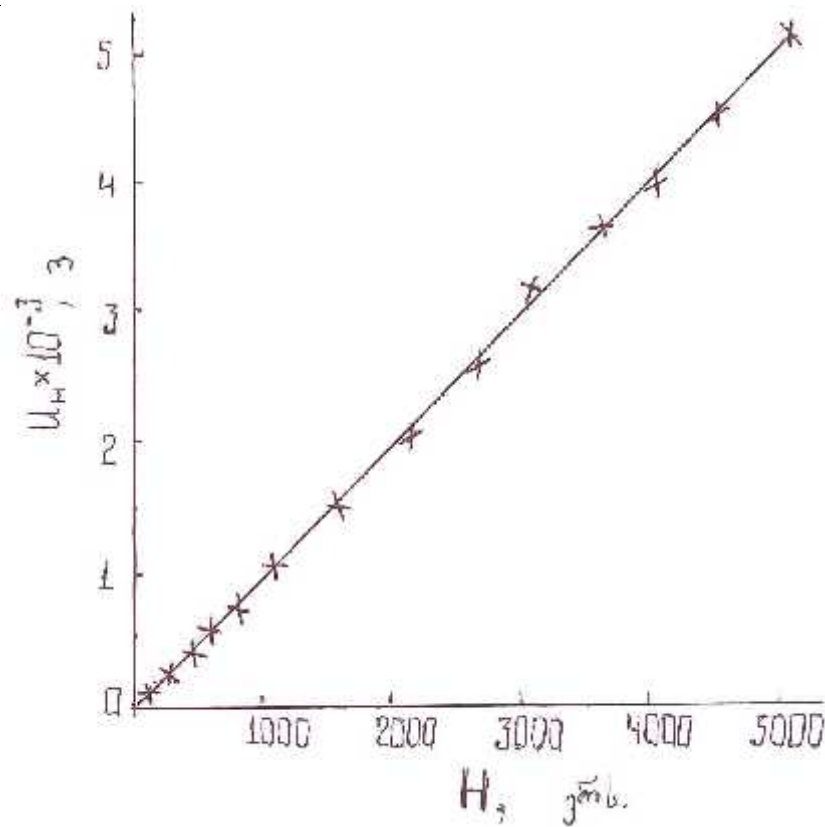


დაწეებულია, ანუ მანძილები სიგნალებს შორის მცირდება, რაც მთლიანად პასუხობს ვეგარდის კანონს. გამოწვის შემდგომი რეჟიმის შერჩევას ადგილი უნდა ჰქონდეს დიფრაქციული სიგნალების კიდევ უფრო დაახლოებას და შემდგომ მათ შერწყმას GaInAs-ის ერთ სიგნალად. რეჟიმის შერჩევას შეიძლება მოხდეს InAs და GaAs -ის კრისტალური მესერების შერწყმა და InGaAs -ის კრისტალების წარმოქმნა. შესწავლილი უნდა იქნას როგორც ნელი ისე სწრაფი გაცივების რეჟიმები.

სურ.11 InAs-GaAs ნალოობის დიფრაქტოგრამა გადაღებული DRON 1-ზე



სურ.12 ჰოლის ძაბვის დამოკიდებულება მაგნიტური ველის დაძაბულობაზე ჰოლის სენსორისთვის



დასკვნები:

1. კონსტრუირებული და აწყობილ იქნა თხიერფაზური ეპიტაქსიის დანადგარი;
2. დამზადებულ იქნა კვარცის რეაქტორი და გრაფიტის კონტეინერები საფენების სათავსოებითა და ავზებით კაზმებისთვის;
3. გამოთვლილი და აპრობირებული იქნა კაზმების კომპონენტთა წონითი თანაფარდობები სხვადასხვა პარამეტრების ფენების მისაღებად;
4. აწყობილ იქნა კრიოსტატი და ვან-დერ-პაუ-ს მეთოდით გაზომილ იქნა ფენათა ელექტროფიზიკური პარამეტრები;
5. შეირჩა საკონტაქტე მეტალები და დადგინდა ფენებზე ომური კონტაქტებისა და შოტკის ბარიერების მიღების ტექნოლოგიური რეჟიმები;
6. დამზადებულ იქნა p-n გადასასვლელები შოტკის ბარიერები და ჰოლის მაგნიტური ველის სენსორები;
7. გადაღებულ იქნა დამზადებული ხელსაწყოების მახასიათებლები და გამოითქვა მოსაზრებები მათი პარამეტრების გაუმჯობესების თაობაზე;
8. შესწავლილ იქნა GaAs-ის და InAs-ის უშუალო შელლობით $In_{1-x}Ga_xAs$ -ის მყარი ხსნარების სინთეზის საკითხი.

ლიტერატურა

- [1] N.P. Kekelidze, G.P.Kekelidze, Z.D.Makaharadze. Lattice vibration of $InP_{1-x}As_x$ solid

solutions. J. Phys.chem. sol. v. 34 pp. 117-126. 1973

[2] N Kekelidze, D.Kekelidze, E.Khutsishvili, B.Kvirkvelia, L.Nadiradze. The effect of mutual compevsacion of radiacion donors and acceptors in semiconductors. Proc. of the Internacional Conferense: “Modern technologiien and Methods of Inorganic Materials Science”. April 20-24, 2015 Tbilisi. Georgia, pp. 197-201, 2015

[3] Panish M.B.,Ilegems M. Progress in Solid State Chemistry. v.7, Oxford, p.39. 1972

[4] , 365. 1967

[5] Abrahams M.S. J.Phys. Sol. Chem. 10, 204.1959

[6] Wu T.Y., Pearso G.L., J. Phys Chem. Sol., 33, p.409. 1972

[7] III-V ნახევარგამტარული ნაერთების მყარი ხსნარების ფუძეზე რადიაციულად მდგრადი ოპტიკური ელექტრული და თერმოელექტრული მასალების მიღება და გამოკვლევა. ლაბ №6-ის 2015-2016წწ ანგარიში. ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი. 2016

[8] Т.Д.Камушадзе. Кандидатская дисертасия „Электрофизические и фотоэлектрические свойства р-п-і-п⁺ структур на основе полуизолирующего GaAs : Cr,O”. Тбилиси. 1981

[9] А.А.Шленский. Кандидатская дисертасия ГИРЕДМЕТ Москва, 1974.

[10] N.Kekelidze, B.Kvirkvelia, D.Kekelidze, E.Khutsishvili, G.Kekelidze. Phenomenon of Mutual Compensation of Radiation Donors and Acceptors and Creation of Radiation - Resistant Materials. J. of Electrical Engineering, 2, #4, pp.187-192. 2014

[11] Van Hook H.J., Lenker E.S., Trans. TMS-ALME, 227, 210, 1968

[12] Wooley I.C., Smith B.A., Proc. Phys. (Londer), 72, 214, 1958

[13] Nodar Kekelidze, Elza Khutsishvili, Bella Kvirkvelia, David Kekelidze, Vugar Aliyev, George Kekelidze. Transport Properties of InAs-InP Solid Solutions. Journal of Electrical Engineering JEE. David Publishing Company. ISSN 2328-2223. Vol.2, #5, 207, 2014

გამოქვეყნებული სტატიები

	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებულის დასახელება	ჟურ №	გამოცემის ადგილი და დრო	გვ-ბის რაოდე ნობა
1.	ნ. კეკელიძე, ვ. კვიციანი დ. კეკელიძე, ე. ქურჩიშვილი ლ. ნადირაძე, გ. კეკელიძე თ. ქამუშაძე, ზ. ჩუბინიშვილი ი. კალანდაძე	<i>Exponential Optical Absorption in Non-Irradiated and Irradiated III-V Compounds.</i> Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences	vol. 12, no.3	თბილისი 2018	
2.	ნ. კეკელიძე, ე. ქურჩიშვილი, თ. ქამუშაძე, ნ. ქობულაშვილი ზ. ჩუბინიშვილი	<i>The ways of obtaining radiation-resistant devices.</i> Proc. of 3rd International Conference „Inorganic materials science, modern technologies“.		October 08-11, 2018 Tbilisi, Georgia	

სამეცნიერო ფორუმებში მონაწილეობა			
	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების ადგილი
1.	N. Kekelidze, E. Khutsishvili, T. Qamushadze, N. Kobulashvili, Z. Chubinishvili	„Producing of InGaAs bulk crystals by direct fusion“.	5th International Conference “Nanotechnologies” Tbilisi, Georgia November 19 – 22, 2018 (Nano – 2018).
2.	E. Khutsishvili, T. Qamushadze, N. Kobulashvili, Z. Chubinishvili, N. Kekelidze	„X-ray structural analysis of silicon“	5th International Conference “Nanotechnologies” November 19 – 22, 2018, Tbilisi, Georgia (Nano – 2018)

პატენტი - გამოგონება

- ბინარული ნახევარგამტარი ნაერთების რადიაციულად შედეგი InAs-GaAs-ის მყარი ხსნარების მოცულობითი კრისტალების მიღების მეთოდი პირდაპირი შედნობით. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი „საქპატენტი“. № 2016014142. ნ.კეკელიძე, ე.ხუციშვილი, ლ.გაბრიჭიძე, ნ.ქობულაშვილი, თ.ქამუშაძე
- საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი. პატენტი P6844 გამოგონება (2018 წ.)
დასახელება: მოწყობილობა/მოდული მართვადი დაბალტემპერატურული ბირთვული რეაქციების განსახორციელებლად.
პატენტმფლობელი: გურამ დგებუაძე, თამაზი ბაციკაძე, ზურაბ რაზმაძე, ალექსანდრე მიქაბერიძე

**საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის და გრანტების გარეშე
შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები**

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება, მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
1	მზის ბატარეების მაღალეფექტური ZnMnTe მასალის მიღება, ZnMnTeO-ის და ZnO ბაზაზე, რისთვისაც აუცილებელია ტექნოლოგიური სისტემის მოდერნიზაცია (ვიწროზონიან ნახე-ვარგამტართა ფიზიკა)	მაია შერვაშიძე	თ. ბუთხუზი, ნ. გაფიშვილი, ე. კეკელიძე, ლ. ტრაპაიძე
<p>რადიკალურ-სხივური ჰეტერირებული კვაზიეპიტაქსის (შემდგომი - რს3კე) მეთოდი, რომელიც ჩვენს მიერ გამოიყენებოდა ნახევარგამტარული სისტემების ZnMnTe ZnMnTeO და ZnO ბაზაზე მიღებისა და ხარისხის ასამაღლებლად ვეღარ აკმაყოფილებდა გაზრდილ მოთხოვნებს, რის გამოც აუცილებელი გახდა რს3კე ტექნოლოგიური დანადგარის და შესაბამისი ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაცია.</p> <p>რადიკალურ-სხივური ჰეტერირებადი კვაზიეპიტაქსის (შემდგომ - რს3კე) ნახევარგამტარული სისტემების ZnMnTe ZnMnTeO და ZnO ბაზაზე მიღებისა და ხარისხის ასამაღლებლად აუცილებელი გახდა რს3კე ტექნოლოგიური დანადგარის და შესაბამისი ინფრასტრუქტურის მოდერნიზაცია.</p> <p>კერძოდ, აუცილებელი გახდა არამეტელის კომპონენტის რადიკალების კონცენტრაციის გაზრდა და კონცენტრაციის რიგის დასაზუსტებელი ქვესისტემის მოწყობილობის შექმნა.</p> <p>გამოკვლევული იქნა მიღებული არამეტალური კომპონენტების რადიკალების ეფექტურობის ხარისხი რთული ZnMnTe ZnMnTeO და ZnO სისტემების მისაღებად აუცილებელი გახდა ბაზური კრისტალების წინასწარი მომზადება. ფართოზონიანი ნახევარგამტარული მასალების თერმოდინამიკურმა ანალიზმა ანახა, რომ ბინალურ და რთულ სისტემებში ზესტექიომეტრიული გადახრა არამეტალურ მხარეს არ აკმაყოფილებს ამ სისტემების მიმართ თანამედროვე მოთხოვნილებებს.</p> <p>წონასწორულ პირობებში ზესტექიომეტრიული ცვლილება არამეტალის მხარეს შესაძლებელია მხოლოდ ორი გზით არამეტალის წნევის P_{h2} ე.ი. კონცენტრაციის გაზრდა გაზურ ფაზაში, ან ტემპერატურის შემცირება კრიტიკულზე დაბლა.</p> <p>მეორე გზა - ტემპერატურის შემცირება ნაკლებად ეფექტურია, რადგან რთული სისტემების მისაღებად ბაზურ კრისტალებში დიფუზიური პროცესები მცირდება. შესაბამისად აუცილებელი ხდება I_n რადიკალების ნაკადის ზრდა და რაც მთავარია მათი აქტიურობის ამაღლება გარე ფაქტორებით.</p> <p>გარე ფაქტორებად შეიძლება გამოიყენებული იქნეს მაღალენერგეტიკული ფოტონები, ელექტრული ველი როგორც დარტყმითი იონიზაციის წყარო, კატალიზატორები და ა.შ.</p> <p>ასეთნაირად მიღებული აღზნებული მდგომარეობის სიცოცხლის</p>			

ხანგრძლივობა მცირეა და მოითხოვს დამატებითი გარე ზემოქმედების სიმძლავრეების გაზრდას. მეექვსე ჯგუფის არამეტალების ელექტრონული სისტემის ხასიათიდან გამომდინარე იონიზაციის პოტენციალია ჟანგბადი, გოგირდი, სელენისათვის შეადგენს 13,61; 10,36; 9,75, შესაბამისად, ყველა ის მეთოდი, რაც გამოდგება ჟანგბადისთვის გამოსადეგი იქნება სხვა დანარჩენი მეექვსე ჯგუფის არამეტალებისთვის (და არა მარტო).

აქ გასათვალისწინებელია ის, რომ ჟანგბადის რეაქციის უნარი დიდად არის ტემპერატურაზე დამოკიდებული, რაც იხსნება მისი მოლეკულის სიმტკიცით და შესაბამისად, აფერხებს იმ რთული სისტემების მიღებას, რასაც ითხოვს თანამედროვე ელექტრონული ინდუსტრია.

ნაკლებად აქტიურობის მთავარი მიზეზი არის მისი არადაწყვილებული ელექტრონები $O()$

ყოველივე ამის გათვალისწინებით მიმდინარეობდა ტექნოლოგიური დანადგარის მოდერნიზაცია, რომელიც მოგვცემდა მაღალი სიხშირის და ასევე ზემოდალი სიხშირის ელექტრონილი ველის გამოყენებით არამეტალის რადიკალების შექმნას.

ამ დროს წარმოიქმნება პლაზმა, რომელიც იძლევა იონებს და ჟანგბადის სინგლეთურ $O()$ მაღალი რეაქციისუნარიან რადიკალებს.

არსებულ ტექნოლოგიურ სისტემაში რადიკალების რიცხვის დასადგენად ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა კატალიზატორის გახურების მეთოდი. კონტროლი მიმდინარეობდა იზოთერმულ რეჟიმში. იზომებოდა სხვადასხვა ელექტრული სიმძლავრე ერთი და იგივე ტემპერატურის შენარჩუნებით (იზოთერმული რეჟიმი). ასეთნაირად დგინდებოდა რადიკალების პარციალური წნევა. $P_0 = k_0 R(I_0 + I^2) / A$

K_0 - ელემენტის გვარობის კოეფიციენტი

R - წინაღობა

$I_0 + I$ - დენი

შესაბამისი რადიკალების კონცენტრაცია განისაზღვრება

$$n_0 = P_0 / kT$$

$$n_0 = 5 \cdot 10^{15} \text{ სმ}^3$$

ასეთივე რადიკალური კონცენტრაციის მიღება ტემპერატურული დისოციაციით ($1000k$) შეესაბამება $P_{02} = 10^6$ ატმოსფეროს.

სისტემის მოდერნიზაციის უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენდა ქიმიური დამუშავების შემდეგ ბაზური ფენების წინასწარი დამუშავება იონური იმპლანტაციით. მრავალი ელემენტებიდან მაქსიმალური ეფექტურობა მოგვცა Ar^+ იონებით იმპლანტირებამ. ასევე რადიკალების სიცოცხლის ხანგრძლივობის გასაზრდელად აუცილებელი გახდა რეაქტორის მუშა ნაწილში მაგნიტური ველის გაზრდა 5 000 ერსტედამდე, რაც მოგვცა რადიკალების სიცოცხლის ხანგრძლივობის გაზრდა 0,2-0,3 წმ-მდე. წინასწარი მონაცემებით მოდერნიზირებული ტექნოლოგიური სისტემის ეფექტურობა იზრდება 7-10%-ით.

საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის და გრანტების გარეშე შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახე-ლება,	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
---	--	-----------------------	------------------------

	მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით		
1	A ^{IV} -B ^{VI} ფართოზონიანი ნახევარ-გამტართა მყარი ხსნარების დამაბული ნანოფენების მიღება და მათი ფიზიკური თვისებების გამოკვლევა	ომარ დავარაშვილი	მ. ენუქაშვილი ლ. ბიჩკოვა

2018 წლის ანგარიში წარმოდგენილია გამოკვლევათა ციკლი (სამი სტატიის და საერთაშორისო კონფერენციებზე მოხსენების თეზისებზე დაყრდნობით) A^{IV}-B^{VI} ნახევარგამტარული შენაერთების დამაბული თხელი ფენების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების შემდგომი სრულყოფის, ასევე ფენების ახალი თვისებების შესწავლის მიმართულებით.

ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით გაკეთდა ტყვია-სელენის ეპიტაქსიური ფენების მიღების პროცესის ამომწურავი ენერგეტიკული ანალიზი.

პირველად იქნა დადგენილი: ფენათა ზრდის ორეტაპიანი ციკლი; ზეკრიტიკულ სტრუქტურათა წარმოქმნის შესაძლებლობა; არასტექიომეტრიული დეფექტებით დისლოკაციათა დამუხრუჭების მექანიზმი, რამაც დაფორმირებული ხანგრძლივი დროის მანძილზე მდგრადი, ნანოფენების მიღების პრობლემების გადაჭრის შესაძლებლობა მოგვცა.

ნაჩვენების იქნა, რომ ფენების სისქე და მათი ზრდის სუჩქარე (დრო) წარმოადგენს ძირითად პარამეტრებს, რომელთა რეგულირებას გავყავართ მაქსიმალურ დეფორმაციებზე ისევე, როგორც ფენათა მაქსიმალურ სისქეთა შემთხვევაში!

შემუშავებული იქნა მოლეკულური ეპიტაქსიის (ცხელი კედლით) მოდიფიცირებული ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას გვაძლევს. გარკვეულ საზღვრებში, სრულად ვმართოთ ფენათა პარამეტრები (ტემპერატურის და პროცესის რეგულირება).

70 წმ. სისქის ფენებისათვის დეფორმაცია აღწევს 0,015, ხოლო აურყოფითი წნევა 15 კბარ-ს. ასეთი ფენების ლეგირების შემთხვევაში ცვლადი ვალენტოვანების მქონე მინარევებით (ქრომი) დენის მატარებელთა კონცენტრაცია მცირდება 4-5 რიგით!

როგორც ექსპერიმენტი და ანალიზი უჩვენებს მყარი ხსნარებისათვის ტყვია-კალა-სელენი. აღნიშნული ეფექტი კიდევ 5 რიგით ძლიერდება. ეს კი საშუალებას გვაძლევს A^{IV}-B^{VI} ნახევარგამტართა დამაბული ნანოფენების ბაზაზე შევქმნათ მაღალი მგრძნობიერების და სწრაფმომქედი ინფრაწითელი არის ფოტომიმღები და ფოტოგარდამქმნელები, რასაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია.

სტატიები					
№	ავტორი/ ავტორები	სტატიის სათაური, ჟურნალის/კრებ. დასახელება	ჟურ. №	გამოცემის ადგილი და წელი	გვ-ბის. რაოდ.
1	ა. პაშაევი, ო. დავარაშვილი, მ. ენუქაშვილი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, მ. ძაგანია, ვ. ზლომანოვი	“ახალი ნანომასალები: ტყვია-სელენის დამაბული ნანოფენების მიღების თავისებურებები” აზერბაიჯანის მეცნ. ნაციონალური აკადემიის “მაცნე”	5	ბაქო, 2018	5
ჩაშვებულია დასაბეჭდად					
1	ა. პაშაევი,	“High deformations in lead		2019	

	ო. დავარაშვილი,, მ. ენუქაშვილი, ზ. ახვლედიანი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, მ. ძაგანია, ვ. ზლომანოვი	selenide nanolayers and rele-vant, new properties” იბეჭდება ჟურნალ European Chemistry Bulletin			
2	ა. პაშაევი, ო. დავარაშვილი,, მ. ენუქაშვილი, ზ. ახვლედიანი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, მ. ძაგანია, ვ. ზლომანოვი	“Analysis of the con-ditions of defor-mations formations formations in lead selenide nanolayers” იბეჭდება “Global Journal Science and Research”		2019	

УДК 620.3+УДК 621.315.592(3)

**НОВЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ: ОСОБЕННОСТИ РОСТА НАПРЯЖЕННЫХ
НАНОСЛОЕВ СЕЛЕНИДА СВИНЦА**

**А.М.ПАШАЕВ¹, О.И.ДАВАРАНВИЛІР², М.И.ЕНУКАШВИЛІР², Л.П.БЫЧКОВА²,
Р.Г.ГУЛЯЕВ², М.А.ДЗАГАНІЯ^{2,3}, В.П.ЗЛОМАНОВ⁴**

Национальная Академия Азербайджан

AZ 1045, г.Баку, пос. Бина, 23-км

Тбилисский Государственный Университет им. Ив.Джавახишвили¹

380028, г.Тбилиси, пр. Чавчавадзе, 1

Институт Физической и Органической Химии им. П.Мелашвили²

380086, г.Тбилиси, ул. Политковская, 31

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова³

119991, г.Москва, Ленинские горы, МГУ, 1

amardavar@yahoo.com

Получена: 15.05.2018

Принята к печати: 16.09.2018

РЕФЕРАТ

Представлены результаты по формированию монокристаллических напряженных нанослоев селенида свинца при модификации метода молекулярной эпитаксии с «горячей стенкой». С обнаружением двухэтапного роста слоев селенида свинца выяснено, что релаксация напряжений, в основном, происходит на втором этапе послепроцессного роста. Повышение толщины и скорости роста слоев существенно влияют на возрастание тангенциального параметра решетки - деформации. Аномальная особенность: повышение деформации при возрастании скорости роста слоев с толщиной 100-200 нм, объясняется образованием облаков нестехиометрических дефектов - вокруг выросшего числа хаотически распределенных дислокаций и эффективно тормозящих их. Релаксация сверхкритических структур сопровождается значительным возрастанием ширины запрещенной зоны и «отрицательных» давлений в слоях.

Ключевые слова: нанослой, деформация, дислокации, скорость роста, толщина слоев, двухэтапный рост, «отрицательное» давление.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] представлены новые данные комплексного исследования напряженных слоев полупроводников $A^{IV}B^{VI}$. В объемных кристаллах и толстых слоях атомный номер, вес компонентов, входящих в соединение, определяет цепочку взаимосвязанных физических свойств, в полупроводниках $A^{IV}B^{VI}$ узкая ширина запрещенной зоны приводит к малым значениям эффективной массы, а они, в свою очередь, к высоким подвижностям носителей заряда. В тонких напряженных слоях незначительное изменение расстояния между составляющими соединенные

атомами, например, при деформации растяжения, сопровождается возрастанием параметра кристаллической решетки и ширины запрещенной зоны, а подвижность носителей заряда падает более заметно [2], чем в отсутствие релаксации напряжений на границе подложка-слой. Важно, как показали исследования, что при сохранении напряженного состояния в течение двух и более лет в таких нанослоях полупроводников $A^{IV}B^{VI}$ просматриваются особые возможности плавно и гибко управлять их свойствами и осуществлять инновационные приборные решения [3]. Поэтому напряженные нанослои

HIGH DEFORMATIONS IN LEAD SELENIDE NANOLAYERS AND RELEVANT NEW PROPERTIES

A.M. Pashaev¹, O.I. Davarashvili², M.I. Erukashvili², Z.G. Akhvlediani^{2,3},
L.P. Bychkova², R.G. Gulayev², M.A. Dzagania^{2,4} and V.P. Zlomanov⁵

¹ National Aviation Academy of Azerbaijan

² Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

³ E. Andronikashvili Institute of Physics, Georgia

⁴ P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Georgia

⁵ M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia

Abstract. The article deals with the modified method of “hot-wall” beam epitaxy for obtaining the strained lead selenide nanolayers over a wide range of growth rates and controlling their thickness. With detection of the two-stage growth of the layers, the layers with high deformations—tangential lattice constants, and hence with high “negative” pressure were formed. Observations of the shift of the optical spectrum in strained layers and the possibility of deep compensation of the concentration of current carriers when doping the layers with impurities with variable valence turned out to be interesting as well. Under high deformations, the texture of a tetragonal phase is formed, there appears a new level in the conduction band and hence additional absorption in the optical spectrum. The given specific features were first discovered in the physics and technology of IV-VI semiconductors, and they open new opportunities of using these semiconductors in IR optoelectronics.

Key words: nanolayers, , deformations , dislocations, supercriticality, “negative” pressure.

1. Introduction

In work [1], new data on the comprehensive research of the strained layers of IV-VI semiconductors are presented. In bulk crystals and thick layers, the atomic number – the weight of the components of the compound determines the chain of interconnected physical properties of IV-VI semiconductors: a narrow band gap leads to small values of effective mass which, in turn, lead to high mobility of current carriers. In thin strained layers, a slight change in the distance between the atoms constituting the compound, for example, with tensile strain is accompanied by an increase in the lattice constant and the band gap, while the mobility of current carriers decreases more significantly than without relaxation of strains at the substrate-layer interface [2]. As the investigation showed, it is important that, when the strained state is retained for two and more years, new opportunities to control smoothly and flexibly the properties of the nanolayers of IV-VI semiconductors and to realize innovative semiconductor

Analysis of the conditions of deformation's formation in lead selenide nanolayers

A.M. Pashaev¹, O.I. Davarashvili², M.I. Erukashvili², Z.G. Akhvlediani^{2,3},
L.P. Bychkova², R.G. Gulyaev², M.A. Dzagania^{2,4} and V.P. Zlomanov⁵

¹ National Aviation Academy of Azerbaijan

² Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

³ E. Andronikashvili Institute of Physics, Georgia

⁴ P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Georgia

⁵ M. Lomonosov Moscow State University, Russia

E-mail : omardavar@yahoo.com

Abstract. The results of reservation of strained state in PbSe layers grown on KCl, BaF₂, NaCl, CaF₂ substrates during several years and revealing of the peculiarities of two-stage growth of layers, the creation of supercritical structures, the study of the broadening of elastic deformation at layers doping with impurities of varying valence show that it is reasonable to regulate in detail the strains (deformations) in nanolayers. For definite groups of layers with the thicknesses in the range of <100 nm and 100-200 nm, as well as at not high – 1 nm/s and high ≥ 10 nm/s rates of growth there appear the new means to control the deformations in PbSe nanolayers.

Key words: supercritical layers, regulation of deformations, tangential lattice constant, layer thickness, growth rate .

1. Introduction

For using the supercritical strained PbSe layers at "negative" pressures suggested earlier in [1] at the solution of new technical problems, i.e. the development of high-temperature and high-sensitive IR photodetectors [2], it is interesting to consider the problems of interconnection of the thickness of layers and the rate of their growth with the deformations taking place in them [3]. The choice of the method of molecular epitaxy with a "hot wall" [4-7] makes it possible to control the rate of layer growth and to show the importance of this parameter for obtaining the maximum deformation also at the maximum thickness of the layer. The development of the method of controlling the growth of layers will allow as well to define more exactly the peculiarities of their growth [8-9] and to investigate in more detail the properties of layers at each stage. The investigation of just these problems is the subject of the given work.

2. Experimental methods

For the planned investigations the layers of PbSe were obtained by the method of molecular epitaxy with a "hot wall". The flux of molecules to the KCl (100) substrate is formed by heating of polycrystalline PbSe in the range of temperature 450-510°C. KCl substrate was

სამეცნიერო ფორუმებში მონაწილეობა

სამეცნიერო ფორუმებში მონაწილეობა			
N ^o	მომხსენებელი/მომხსენებლები	მომხსენების სათაური	ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი

1	ა. პაშაევი, ო. დავარაშვილი, მ. ენუქაშვილი, ზ. ახვლედიანი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, ვ. ზლომანოვი	Inovative nanomaterials-peculiarities of formation of strained lead selenide nanolayers”	საერთაშორისო კონფერენცია “დეფექტები და ნანოტექნოლოგიები”, პრაღა, 2018 წლის ოქტომბერი
2	ა. პაშაევი, ო. დავარაშვილი, მ. ენუქაშვილი, ზ. ახვლედიანი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, ვ. ზლომანოვი	“Abrupt reduction in the concentration of current carriers in Doped IV-IV Semiconductors under Negative Pressure”	საერთაშორისო კონფერენცია “ნანოტექნოლოგიებზე” თბილისი 2018, ნოემბერი

გაგზავნილია მასალები (მოხსენება)

1	ა. პაშაევი, ო. დავარაშვილი, მ. ენუქაშვილი, ზ. ახვლედიანი, ლ. ბიჩკოვა, რ. გულიაევი, მ. ძაგანია, ვ. ზლომანოვი	“Peculiarities of growth and properties of strained nanolayers of selenide”	2019 წ.
---	--	---	---------

INNOVATIVE NANOMATERIALS –PECULIARITIES OF FORMATION OF STRAINED LEAD SELENIDE NANOLAYERS

A. M. Pashaev¹, O. I. Davarashvili², M. I. Erukashvili², Z.G. Akhvlediani^{2,3},

L. P. Bychkova², R.G.Gulyaev², V. P. Zlomanov⁴

¹ *National Aviation Academy, Baku, Azerbaijan*

² *Iv. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia*

³ *E. Andronikashvili Institute of Physics, Tbilisi, Georgia*

⁴ *M. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

e-mail : omardavar@yahoo.com , zairaak@yahoo.com

At keeping the strained state in IV-VI semiconductor nanolayers during a long period of time, there appears the possibility of flexible tunability of energy spectra of current carriers [1]. At doping these layers by impurities of variable valence, the uniformity of layers and a significant compensation of the concentration of current carriers are revealed additionally at stabilization of Fermi level deeply in the forbidden gap. The prospects of formation of high-temperature tunable lasers and high-speed and high-sensitive photodetectors in IR spectrum are opened. The implementation of such innovations is received at the development of modified technology of molecular epitaxy with "a hot wall". At the example of lead selenide the character of strained layers growth on KCl, BaF₂ and NaCl dielectric substrates is analyzed. Two-stage growth of layers is revealed at the double influence of dislocations on its character. At the first stage the islands – nuclei emerged and merged and their surface-tension energy is transferred to dislocations and at the increase of the number of nuclei and as the result continuous growth of layers is accelerated. At the second stage of layer-wise growth, the elastic energy of layers increasing with the growth of thickness is enough for origination and acceleration of dislocations – the relaxation of strains takes place. The study of the influence of the velocity of layer's growth on formation of maximum deformations (tangential lattice constants) in connection with the interaction of nonstoichiometric defects is of interest. At the decrease of the thickness of layers lower than 100nm and of the growth velocity down to 0,1 nm/sec, the tangential lattice constant exceeds 6.200 Å , and the deformation is more than 0.015. At the mentioned growth velocities, the nonstoichiometric defects have time to annihilate in dislocation's nuclei and cause the retardation of them. With the increase of deformation in layers, the texture of tetragonal phase is appeared in them. It leads to the appearance of additional narrow absorption band in optical spectrum not observed early in IV-VI semiconductors [2].

References:

1.A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, Z.G.Akhvlediani, M.I.Erukashvili, R.G.Gulyaev, V.P.Zlomanov, J.Mat. Sci. Eng., A3(2) 117, (2013).1.

2. A.M.Pashaev , O.I.Davarashvili , M.I.Erukashvili.Z.G.Akhvlediani , L.P.Bychkova , R.G.Gulyaev , M.A.Dzaganian , V.P.Zlomanov . Preprint , ISL , 2016 , 22p .

Abrupt Reduction in the Concentration of Current Carriers in Doped IV-VI Semiconductors under "Negative" Pressure

A.M. Pashaev¹, O.I. Davarashvili², M.I. Enukashvili¹, Z.G. Akhvediani^{2,3},
L.P. Bychkova³ and V.P. Zlomanov⁴

¹National Aviation Academy of Azerbaijan

²Iv.Javakhsishvili Tbilisi State University, Georgia

³E. Andronikashvili Institute of Physics, Georgia

⁴M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia

e-mail: omardavar@yahoo.com

Narrow-bandgap IV-VI semiconductors widely used in IR optoelectronics. In particular, based on these semiconductors, tunable lasers and photodetectors are designed. With doping of these semiconductors with variable-valence impurities (Cr, In, Yb and others), the conditions for reducing the concentration of current carriers due to mutual compensation of electrically active nonstoichiometric defects and impurity states having opposite signs. To observe such an effect in the compositions of this kind, including the ones with wider band gaps, it was suggested to use "negative" pressure when the layers are grown on the substrates with a larger lattice constant. Under such conditions, the band gap width increases, and this process enhances with manifestation of variations in elastic constants. These effects reveal effectively at nanothickness of the layers.

The following heterostructures were suggested and fabricated: PbSnSe/PbTe, PbSnTe/EuTe and PbSnTe/BaTe. Under "negative" pressure ~ 10kbar and at 77K, the band gap width was 0.4 eV, and, when doping with Cr and In, the concentration of current carriers decreased below 10^{10}cm^{-3} (in the unstrained layers it was equal to 10^{18}cm^{-3}). The state of the level, in particular, of In is lower than the conduction band edge and made up ~0.1 eV. The typical values of the rate of variation in the impurity level state with changes in the composition were $\frac{dE_i}{dx} = 5-7 \text{ meV}/\%$, the band gap width and the state of the impurity level were changed with temperature as $\frac{dE_g}{dT} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$ and $\frac{dE_i}{dT} = -3 \cdot 10^{-4} \text{ eV/K}$, respectively.

With such significant reduction in the concentration of current carriers in the layers, the dielectric state is formed, and the Fermi level is stabilized in the vicinity of the impurity level. Based on the materials of this type, high-sensitive photodetectors for the spectral range of 3-20 μm are designed.

References

1. A.M. Pashaev, O.I. Davarashvili, V.A. Aliyev, M.I. Enukashvili, V.P. Zlomanov. Regular connection between simultaneous stabilization of the Fermi level and transformation of the elastic properties of IV-VI semiconductors with their conversion into the dielectric state. Scientific discovery No. 340. International Academy of the Authors of Scientific Discoveries. – Moscow, 2008.
2. A.Pashaev, O.Davarashvili, M.Enukashvili, R.Gulyaev, V.Zlomanov. Unrelaxed State in Epitaxial Heterostructures Based on Lead Selenide. Journal of Modern Physics, 2012, 3, 6, 502-510.

T 3e

PECULIARITIES OF GROWTH AND PROPERTIES OF STRAINED NANOLAYERS OF LEAD SELENIDE

A.M. Pashaev¹, O.I. Davarashvili², M.I. Enukashvili², Z.G. Akhvediani^{2,3},
L.P. Bychkova², R.G. Gulayev², M.A. Dzagania^{2,4}, V.P. Zlomanov⁵

¹ National Aviation Academy of Azerbaijan

² Iv. Javakishvili Tbilisi State University, Georgia

³ E. Andronikashvili Institute of Physics, Georgia

⁴ P. Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry, Georgia

⁵ M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia

email: omardavar@yahoo.com

This research deals with the modified method of "hot-wall" beam epitaxy for obtaining the strained lead selenide nanolayers over a wide range of growth rates and controlling their thickness. With detection of the two-stage growth of the layers, the layers with high deformations—tangential lattice parameters, and hence with high "negative" pressure were formed. Observations of the shift of the optical spectrum in strained layers and the possibility of deep compensation of the concentration of current carriers when doping the layers with impurities with variable valence turned out to be interesting as well. Under high deformations, the texture of a tetragonal phase is formed, there appears a new level in the conduction band and hence additional absorption in the optical spectrum. The given specific features are first discovered in the physics and technology of IV-VI semiconductors, and they open new opportunities of using these semiconductors in IR optoelectronics.

Illustrative materials: Experimental and Theoretical Results

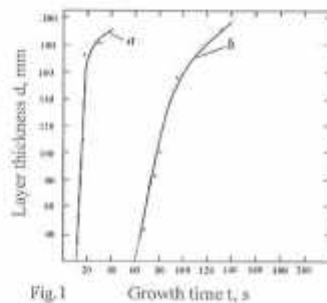


Fig.1

Growth time t , s

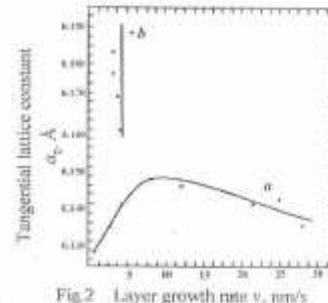


Fig.2

Layer growth rate v , nm/s

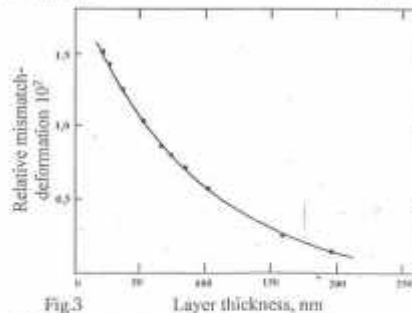


Fig.3

Layer thickness, nm

Fig. 1 Dependence of the thickness of epitaxial PbSe layers on the growth time – observation two-stage of growth: I- "delay" in growth, nucleation and merging of islands - nuclei; II – rapid layer by layer growth, "delay" time: a – 9s, b – 60s.

Fig. 2 Dependence of the tangential lattice constant on the growth rate at the second stage: a) at the thickness of layers 100-200nm; b) at the thickness of layers < 100nm.

Fig. 3 Dependence of the mismatch-deformation on the PbSe layer thickness grown on KCl substrate – deformation ~ 0,001 is observed at the thickness ~ 200nm.

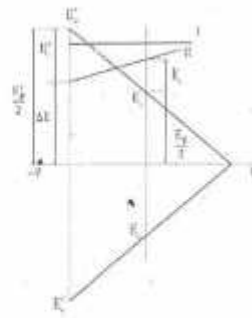


Fig.4

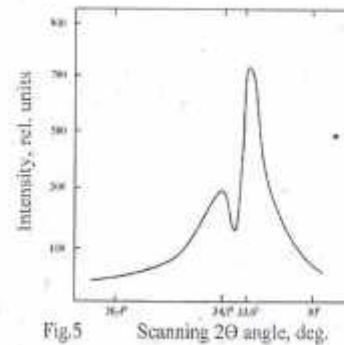


Fig.5

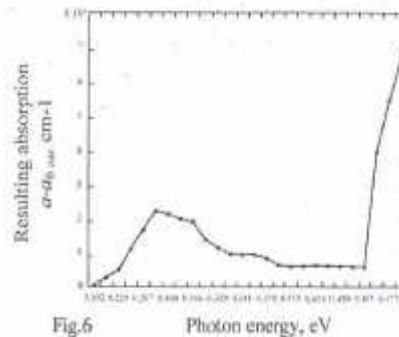


Fig.6

Fig. 4 Impurity level shift to the midgap of IV-VI semiconductors under effective “negative” pressure, for example : I- PbSnSe :Cr (PbSe:Cr is a concrete case) and II – PbSnTe : In (concentration of current carriers decreases at 5-8 orders for different compositions).

Fig. 5 X-ray diffraction patterns of 0-2θ scanning of PbSe layer with thickness ~ 70nm, reflection from the crystal plane (200) – observation of tetragonal phase together with cubic at deformation $\epsilon = 0,008$.

Fig. 6 Resulting absorption $\alpha_{0.300 \mu m}$ dependence on photon energy for layer PbSe with thickness ~ 70nm – observation of two absorptions at 300K ; additional and corresponding to the forbidden gap width of the strained PbSe layer.

REFERENCES

1. Arif Pashaev, Omar Davarashvili, Zaira Akhvlediani, Megi Erukashvili, Revaz Gulyaev, Vladimir Zlomanov. Unrelaxed State in Epitaxial Heterostructures Based on Lead Selenide. *Journal of Modern Physics*, 2012, 3, 6, 502-510.
2. Arif Pashaev, Omar Davarashvili, Zaira Akhvlediani, Megi Erukashvili, Revaz Gulyaev, Vladimir Zlomanov. Nanolayers of Lead Selenide on Potassium Chloride Substrates : Specific Features of Formation . *Materials science and Engineering* , 2013 , A3(4) , 235-238.
3. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Erukashvili, Z.G.Akhvlediani, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania. Variations of the parameters of PbSe nanolayers with change of their technology. *IOP Conf. Ser. Materials Science and Engineering*, 2015, 77, 012017.
4. A.M.Pashaev, O.I.Davarashvili, M.I.Erukashvili, Z.G.Akhvlediani, L.P.Bychkova, R.G.Gulyaev, M.A.Dzagania , V.P.Zlomanov. Supercritical lead selenide layers at “negative” pressures . *Bulletin of the Academy of Sciences of Georgia* , 2017, 43, 2 , 179-188.

**საქართველოს სახელმწიფო ბიუჯეტის და გრანტების გარეშე
შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები**

№	გეგმით გათვალისწინებული და შესრულებული სამუშაოს დასახელება, მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით	სამუშაოს ხელმძღვანელი	სამუშაოს შემსრულებლები
1	სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა შედეგების და საინჟინრო-ტექნიკური ნოვაციების კომერციალიზაცია სოფლის მეურნეობაში - ვაზის მკურნალობის ტრადიციული მეთოდის (ვენახის შეწამვლა შაბიამნის ხსნარით) ჩანაცვლება ოზონირებული წყლით	ვასილ შველიძე ჯანო ბურჯანაძე	მ. ელიზბარაშვილი გ. ტოგონიძე ვ. ჟ. გაბრიჭიძე

გრძელდებოდა სამუშაოები, როგორც ოზონატორების ახალი, სრულყოფილი, მოდელების შექმნის (კონსტრუირების), ასევე მათი, ადამიანთა საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში გამოყენების მიმართულებით!

ოზონი ბუნებრივი აირია, რომელიც წარმოიქმნება ჩვენ გარემომცველ ჰაერისგან. ოზონის გენერირებისთვის გამოიყენება სპეციალური მოწყობილობა, რომელსაც ოზონატორი ეწოდება.

ოზონი უძლიერესი ბუნებრივი დამჟანგველია, რომელიც ბიოლოგიურ ორგანიზმებთან აქტიურ რეაქციაში შედის. მისი მოქმედების შედეგად სრულად ნადგურდება ბაქტერიები, ყველა სახეობის ვირუსები, სოკოვანი ფლორა და მათო სპორები.

ოზონი შეიძლება ეგექტურად გამოყენებულ იქნას ადამიანთა საქმიანობის მრავალ სფეროში. ყველგან, სადაც აუცილებელია ეკოლოგიურად სუფთა გარემოს შექმნა და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოება: სოფლის მეურნეობა; აირის დეოდორაცია; წყლისა და ჰაერის დეზინფექცია, გაზ-ქიმიური ემისიის და ორგანული ნარჩენების გაუვნებელყოფა; კვების პროდუქტების გრძელვადიანი შენახვა და სხვა.

მიუხედავად იმისა, რომ ოზონის თვისებები საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი მის ფართომასშტაბიანი გამოყენება, ზემოთ ათნიშნული ამოცანების გადასაჭრელად, ხელს უშლის ოზონის, საწარმოო დანიშნულებით მიღების სტანდარტული მოწყობილობის დაბალი ეფექტურობა და მაღალი ღირებულებები.

ეს ორივე პრობლემა დადებითად იქნა გადაჭრილი ინსტიტუტის მეცნიერებათა და ინჟინერ-ტექნიკოსთა მიერ.

ჩვენი ტექნოლოგია აღჭურვილია ოზონის გენერაციის მთელი კომპლექტით და მაღალი ხარისხის მაოზონირებელი ელემენტებით.

ჩვენ შემთხვევაში ოზონი მიიღება კორონალური განმუხტვით და ორიგინალური იმპულსის მეთოდით, სადაც ერთ-ერთ ელექტროდად :ნიუ-ჰაუ“-ა გამოყენებული.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში (კანადა, ჩინეთი, იაპონია და სხვა)

წარმოებულ, სამრეწველო დანიშნულების, ოზონგენერატორებთან შედარება, ჩვენი მოწყობილობების ფასი, მინიმუმ ორჯერ ნაკლებია, ენერგო დანახარჯები კი 4-ჯერ დაბალი.

2018 წელს ჩვენს ინსტიტუტში კონსტრუირებული იქნა (სერიული წარმოების დონეზე), მულტუფუნქციური დანიშნულების ოზონგენერატორების 10 ახალი ორიგინალური მოდელი.

ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული სიახლეები, რომლებიც რეალიზებულია ახალ მოდელებში მნიშვნელოვნად აფართოებს მათი გამოყენების არეალს.

ოზონგენერატორების ახალი მოდელების საჯარო დემონსტრაცია განხორციელდა თსუ-ს დაარსების 100 წლისთავისადმი მიძღვნილ გამოფენაზე (დ კორპუსი, 6-7 ივლისი).

მეცნიერებისა და ინოვაციების ფესტივალზე, რომელსაც მიმდინარე 2018 წელს ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი მასპინძლობდა, ჩვენმა ინსტიტუტმა გამოიტანა ოზონატორის სამი უახლესი ორიგინალური მოდელი, რომელთა ფართომასშტაბიანი გამოყენება მნიშვნელოვან ეკონომიკურ სარგებელს მოუტანს ქვეყანას (მათი ფოტოები იხილეთ წარმოდგენილ ანგარიშში).

ოზონგენერატორების ახალი მოდელების შემუშავებისა და კონსტრუირების გარდა, გრძელდებოდა ექსპერიმენტი მევენახეობაში ვაზის შეწამვლის ტრადიციული ქიმიური მეთოდის (შაბიამანი, გოგირდის წყალხსნარი) ჩანაცვლება ოზონირებული წყლით.

ამ ექსპერიმენტის რეალიზებისთვის აუცილებელი იყო:

1. ოზონატორის პორტატული მოდელის შექმნა და მისი განთავსება ვაზის შესაწამლ, სტანდარტულ, აპარატის კორპუსზე, რაც ვენახების შეწამვლის 2018 წლის სეზონისთვის (მაისი-ივლისი) უკვე რეალიზებული იყო;

2. აუცილებელი იყო, ასევე წყალში ოზონის კონცენტრაციის იმ დონის (შუალედის) დადგენა, რომელიც, ერთის მხრივ უზრუნველყოფდა ოზონირებული წყლით შეწამვლის ეფექტურობას და მეორეს მხრივ, არ დააზიანებდა თავად ვაზს.

აღნიშნულ პრობლემასთან დაკავშირებით 2017 წელს (გაზაფხული-ზაფხულის სეზონი) ჩატარებული იქნა საფუძვლიანი გამოკვლევა, რის შედეგადაც დადგენილი იქნა ოზონის ოპტიმალური და იმავდროულად მაქსიმალური ეფექტის მომცემი, კონცენტრაცია არა მხოლოდ ვაზის, არამედ რიგი სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მცენარეთათვის!

ვენახების ოზონირებული წყლით შეწამვლის მსხვილმასშტაბიანი ექსპერიმენტი განხორციელდა 2018 წელს.

ექსპერიმენტში მონაწილეობდა 12 ინდივიდუალური ფერმერული მეურნეობა (თითოეულის ფართი 1-5 ჰექტარი).

ოზონირებული წყლით ვენახების შეწამვლა განხორციელდა, შეწამვლის ტრადიციული მეთოდის ციკლის დაცვით.

ექსპერიმენტმა დადებითი შედეგი აჩვენა 12-ივე ფერმერულ ლოკაციაზე!

ეკოლოგიურად სუფთა ყურძნის გარდა ვენახის ოზონირებული წყლით მოწამვლის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდი ეკონომიკურადაც მომგებიანია, ვინაიდან შეწამვლაზე გაწეული ხარჯები, ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით 4-5-

ჯერ ნაკლებია.

ექსპერიმენტით დადასტურდა ასევე, რომ ქვევრის დეზინფექციისთვის, გოგირდის ნაცვლად, ოზონირებული ჰაერის გამოყენება გაცილებით უკეთეს შედეგს იძლევა.

ამდენად, ვაზის შეწამვლის და ქვევრის დეზინფექციის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდიკა ეკოლოგიურად სუფთა ღვინის წარმოებას უზრუნველყოფს და ქართულ ღვინოს უფრო კონკურენტულს გახდის მსოფლიო ბაზარზე. ოზონი (გარკვეული კონცენტრაციის ოზონირებული ჰაერი) ეფექტურად შეიძლება გამოყენებულ იქნას, ასევე მეფუტკრეობაში: - გაზაფხულზე ფუტკრის ოჯახის გაძლიერების სტერილიზაციისთვის; - ფუტკრის დაავადებათა სამკურნალოდ; - ფუტკრების ასკოსფეროზის მკურნალობისა და პროფილაქტიკისთვის; საფუტკრე ინვენტარის, მათ შორის სათაფლე ჩარჩოების დეზინფექციისა და დეზინსექციისთვის.

ოზონის უშუალო მოქმედების შედეგად ილუპებიან არა მხოლოდ ბაქტერიები და სოკოვანი წარმონაქმნები, არამედ ასევე ვირუსები, ტკიპები, ჩრჩილი და ჭუპრი.

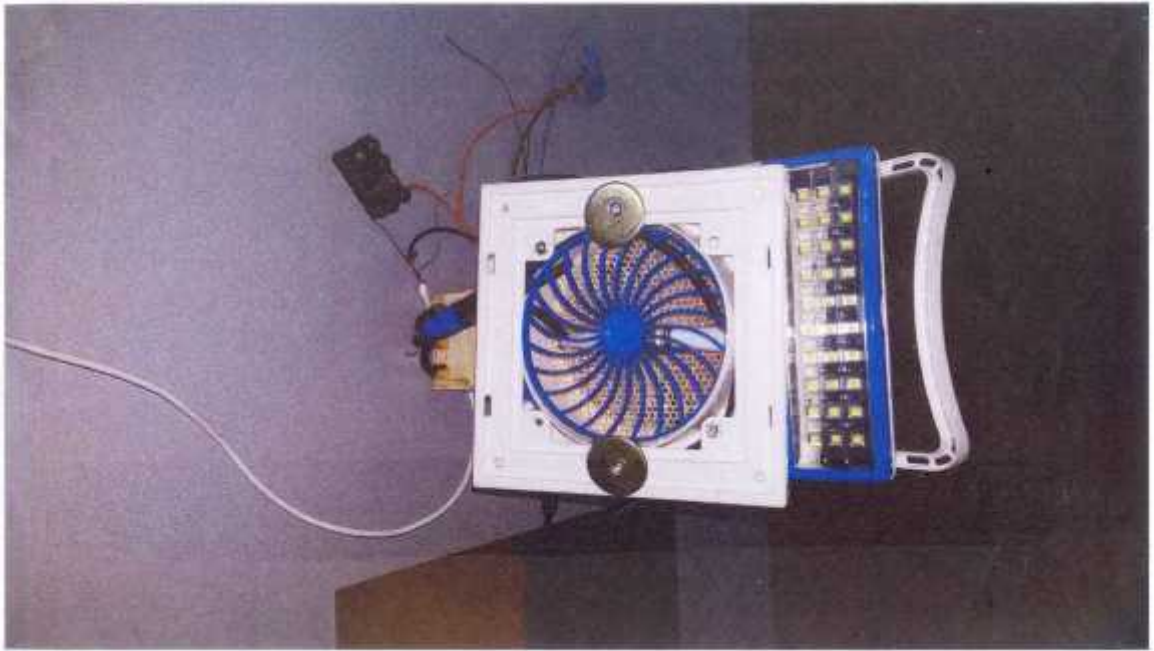
გამოკვლევებმა ასევე აჩვენა, რომ მცირე კონცენტრაციის შემთხვევაში ოზონი დადებითად მოქმედებს ფუტკრის ოჯახის განვითარებისა და პროდუქტიულობის ფაქტორებზე: 1. ეს ამცირებს ავადმყოფობის გამომწვევი მიკროორგანიზმების კონცენტრაციას; 2. ამცირებს სკების შიდა მოცულობის ტენიანობას; 3. უმნიშვნელოდ ზრდის ტემპერატურას; 4. აუმჯობესებს სკების შიდა მოცულობაში ჰაერის შემადგენლობას; 5. ზრდის თაფლის პროდუქტიულობას და ხარისხს, რაც ესოდენ მნიშვნელოვანია საბაზრო ეკონომიკის კუთხით!

ჩვენმა კონსტრუქტორებმა შექმნეს მეფუტკრეობისთვის სპეციალური პორტატული ოზონგენერატორი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას, ასევე საველე პირობებში, ვინაიდან ის მუშაობს ასევე მზის ენერჯის ხარჯზე!



სურათი
№1.
ვენახის

შესაწამლი (ოზონირებული წყლით) ოზონატორი ინდივიდუალური მეწარმისათვის (მუშაობს 12 v)



სურათი №2. მზის ენერგიაზე მომუშავე ოზონატორი (საველე ვარიანტი) მეფუტკრეობისათვის



სურათი №3. ფილტრიანი - ბიოლოგიური აირწინაღი ოზონატორით

სურათი №4.
სამედიცინო



მრავალფუნქციური
(ულტრაისფერი
ოზონირებული ჰაერის

სტერილიზატორი
გამოსხივების და
ერთობლივი გამოყენება)

სურათი №5.
სადეზინფექციო
სპეციალური ოზონატორით



მრავალფუნქციური
მოწყობილობა



სურათი №6.

უნივერსალური (ლაბორატორიული) ოზონატორი
მრავალფუნქციური დანიშნულებით

კონფერენციაში მონაწილეობა

გაცხოველებით მიმდინარეობს “ოზონტექნოლოგიები და მისი გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს მევენახეობა-მეღვინეობაში” რესპუბლიკური კონფერენციის ჩატარებასთან დაკავშირებული სამუშაოები!

ამ კონფერენციის ჩატარების ინიციატორები ჩვენი ინსტიტუტის კოლექტივი არის.

ამ ეტაპზე კონფერენციის აქტიური მხარდამჭერები არიან: საქართველოს ბუნების დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, საქ. სოფლის მეურნეობის აკადემია, საქ. ტექნიკური აკადემიის ღვინის ეროვნული სააგენტო. კონფერენციის ჩატარება 2018 წლის 27-28.12.

მოსაწვევი სტუმრები: მევენახე და მეღვინე ფერმერები და ფერმერულ გაერთიანებათა ხელმძღვანელები. მთავრობიდან წარმომადგენელი. პარლამენტის სოფლის მეურნეობისა და მრეწველობის კომიტეტები. ქვეყანაში მოქმედი საფინანსო ფონდები. საპატრიარქოს მეღვინეობის კვლევის ცენტრი. ტურიზმის ეროვნული სააგენტო. აგრარული უნივერსიტეტები და მეღვინეობის სასწავლებლები.

დღის წესრიგი:

1. ოზონოგაზი და ოზონირებული წყალი - ისტორია, გამოყენება მსოფლიოს სახალხო მეურნეობაში და გამოყენების პერსპექტივები. მომხს. პროფ. ლერი მესხი. 25-30 წთ.
2. ოზონოგაზი და ოზონირებული წყლის გამოყენების მაგალითები და პერსპექტივები საქართველოს მევენახეობა-მეღვინეობაში. მომხს. უფროსი მეცნიერთანამშრომელი ჟორა გაბრიჭიძე, 55-60 წთ.

კამათი: 4-5 კაცი პრაქტიკაში ვინც გამოიყენა და მსურველები, 5-10 წთ.

კონფერენციის მუშაობის შეჯამება:

მიღებული გადაწყვეტილება:

განაცხადების მომზადება გამოგონებაზე

საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნულ სააგენტოში წარსადგენად

1. აირწინალი

ჩვენს მიერ კონსტრუირებული (ბიოლოგიური) აირწინალი. სამხედრო და სამოქალაქო დანიშნულების სტანდარტული, აირწინალისაგან განსხვავებით დამატებით აღჭურვილია მცირე გაბარიტის ოზონატორის ბლოკით.

ოზონის მაღალი ბაქტეროციდული დადეზიმფექციურ თვისებათა გამო “ბიოლოგიური” აირწინალი მნიშვნელოვნად აძლიერებს და აფართოვებს მის დამცავ ფუნქციას (სუნთქვის ორგანოების, სახის და თვალის დაცვა მტვრის, რადიაციის, მომწამვლელი აირები და ბაქტერიალური აირზოლები).

2. ოზონატორი

გამოგონება მიეკუთვნება მოწყობილობას, რომელიც გამიზნულია ოზონის მისაღებად ჰაერიდან ან ჟანგბადიდან.

სტანდარტული ტიპის ოზონატორისაგან, ჩვენი მოწყობილობა მთელი რიგი კონსტრუქციულ და ტექნოლოგიურ სიახლეებს შეიცავს (ერთ-ერთ ელექტროდად გამოყენებულია იონიზირებული პლაზმა) და არ მოითხოვს მკაცრ შეზღუდვებს დიელექტრიკის ხარისხზე, ელექტროდების ერთგვაროვნებაზე, ელექტროშორის სივრცეზე (სტანდარტულის შემთხვევაში 0,5-1 მმ. და სხვა).

ახალი კონსტრუქციის ოზონატორი არ მოითხოვს ასევე მაღალ ძაბვას და როგორ შედეგი გაციების სისტემას. - შედეგად მაღალი წარმადობა და საიმედოობა, თვითღირებულების მკვეთრი შემცირება!

3. დანადგარი სტერილიზაციისათვის

გამოგონება მიეკუთვნება სტერილიზაციის მოწყობილობას მრავალფუნქციური გამოყენებისათვის - ქირურგიული ინსტრუმენტების სტერილიზაცია და სხვა.

არსებული. სტანდარტული, მოწყობილობათა უმთავრესი ნაკლია სტერილიზაციის შედარებით დაბალი ხარისხი, რაც უმთავრესად იმით არის განპირობებული, რომ “საგნების” დამუშავება ოზონით არ წარმოებს ვაკუუმის პირობებში.

სტანდარტული სტერილიზატორი ხასიათდება ასევე ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაბალი დონით, რომელიც განპირობებულია იმით, რომ არ არის გამორიცხული ოზონის მოხვედრა გარემო სივრცეში.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ სტერილიზატორში, რომელიც რიგ კონსტრუქციულ სიახლეებს და მიგნებებს შეიცავს, გათვალისწინებულია არსებული (სტანდარტული) სტერილიზატორის ხარვეზებში რის გამოც მისი სტერილიზაციის ხარისხი მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი.