

დამტკიცებულია ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის #2 საბჭოს მიერ,
15.07.2011 წ.

საბჭოს თავმჯდომარე, პროფ.

/რამაზ ბოჭორიშვილი/

სადოქტორო პროგრამის სახელწოდება: ფიზიკა, Physics

პროგრამა შედგება ფიზიკის დარგობრივი მიმართულებების შესაბამისი მოდულებისაგან:

- 1.1 თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics
- 1.2 ნაწილაკების ფიზიკა / Particle Physics
- 1.3 პლაზმის ფიზიკა და ასტროფიზიკა / Plasma Physics and Astrophysics
- 1.4 კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / Condensed Matter Physics
- 1.5 მაგნიტორეზონანსული შთანთქმა / Magneto-resonant Absorption
- 1.6 მიკრო და ნანოელექტრონიკა / Micro- and Nano-Electronics
- 1.7 გამოყენებითი ელექტროდინამიკის ამოცანების კომპიუტერული მოდელირება / Computer Modeling of Applied Electrodynamics Problems

2. მისანიჭებელი აკადემიურ ხარისხი: ფიზიკის დოქტორი / PHD in Physics

სპეციალობები:

- 2.1 თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics
- 2.2 ნაწილაკების ფიზიკა / Particle Physics
- 2.3 პლაზმის ფიზიკა / Plasma Physics
- 2.4 ასტროფიზიკა / Astrophysics
- 2.5 კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / Condensed Matter Physics
- 2.6 მიკრო- და ნანო-ელექტრონიკა / Micro- and Nano-Electronics
- 2.7 გამოყენებითი ელექტროდინამიკა / Applied Electrodynamics

3. სადოქტორო პროგრამის ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები:

მოდული 1.1 - თსუ ასოც. პროფ. **მერაბ გოგბერაშვილი**

ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტის წამყვანი მკვლევარი **არმენ ნერსესიანი**

მოდული 1.2 - თსუ პროფ. **მერაბ ელიაშვილი**

პროფ., მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ მკვლევარი **ჯემალ ხუბუა**
მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ მკვლევარი **თამარ ჯობავა**

მოდული 1.3 - ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი
აკადემიკოსი **ნოდარ ცინცაძე**

თსუ პროფ. **ნანა შათაშვილი**

მოდული 1.4 - თსუ პროფ. **ალექსანდრე შენგელაია**

ივ. დუმონტი, ვერსალის უნივერსიტეტი, საფრანგეთი

მოდული 1.5 - თსუ ასოც. პროფ. **ანატოლი ახალკაცი**

ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი **გრიგოლ მამნიაშვილი**

მოდული 1.6 - ასოც. პროფ. **ამირან ბიბილაშვილი**

მოდული 1.7 - მეცნიერებათა დოქტორი, თსუ გამოყენებითი ელექტროდინამიკის ლაბორატორიის გამგე **დავით კაკულია**

თსუ ემერიტუს პროფ. **რევაზ ზარიძე**

სადოქტორო პროგრამის საკვალიფიკაციო დახასიათება:

4.1 პროგრამის მიზანი:

მოდული 1.1. თეორიული ფიზიკა კარგა ხანია დამოუკიდებელ დარგად ჩამოყალიბდა. ფიზიკის ერთი მიმართულებით დამუშავებული მათემატიკური მეთოდები წარმატებით გამოიყენება მეცნიერების სხვა დარგებში, ხშირად კი ადამიანის ცხოვრების სხვა სფეროებშიც. წარმოდგენილი პროგრამა მოიცავს თეორიული და მათემატიკური ფიზიკის ფართო სპექტრს. ძირითადი აქცენტები გაკეთდება დოქტორანტებისთვის მათემატიკური და

რიცხვითი მეთოდების ღრმად სწავლებაზე, რაც საჭიროა თანამედროვე ფიზიკის ნებისმიერ დარგში მომუშავე თეორეტიკოსისათვის.

- დოქტორანტებს ლექციებს წაუკითხავენ მსოფლიოს სხვადასხვა წამყვან სამეცნიერო ცენტრში მოღვაწე ქართველი და სომეხი სპეციალისტები
- სასწავლო კურსების ჩატარება ივემემა თბილისში და ერევანში, ასევე ინტერნეტის საშუალებით
- სწავლება იწარმოებს ინგლისურ და რუსულ ენებზე (შეთანხმების საფუძველზე)

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიზანია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი, მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტის მომზადება თეორიული ფიზიკის სპეციალობით.

მოდულის 1.1 მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი): სადოქტორო პროგრამა წარმოდგენილი იქნება სამი ძირითადი მიმართულებით:

- თანამედროვე მათემატიკური მეთოდები კვანტურ მექანიკაში, ველის თეორიასა და გრავიტაციაში (Advanced Mathematical Methods in Quantum Mechanics, Field Theory and Gravity)
- ველის თეორია დრო-სივრცის სხვადასხვა გამზომობილებების შემთხვევაში (Field Theory for Various Space-Time Dimensions)
- ელემენტარულ ნაწილაკთა თვისებები და კოსმოლოგია (Properties of Elementary Particles and Cosmology)

მოდული 1.2 CERN - ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში (ქ. ჟენევა, შვეიცარია) აშენდა დიდი ადრონული კოლაიდერი (LHC), რომელიც წარმოადგენს პროტონ-პროტონულ ამაჩქარებელს 14 ტევი ენერგიით მასათა ცენტრის სისტემაში და პროექტით გათვალისწინებული ნათებით $L=10^{34} \text{ სმ}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$. დიდი ადრონულ ამაჩქარებელზე დაგეგმილ 4 ექსპერიმენტს შორის არის ATLAS ექსპერიმენტი, რომელიც წარმოადგენს მრავალ-მიზნობრივ პროტონ-პროტონული ურთიერთქმედებების შემსწავლელ დანადგარს. დიდი ადრონული კოლაიდერი და ATLAS ექსპერიმენტის დანადგარი ამუშავდა და ექსპერიმენტულ მონაცემთა მიღების დაწყება გეგმით გათვალისწინებულია 2010 წელს. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკის პროგრამაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან და საინტერესო საკითხს წარმოადგენს ტოპ კვარკის ფიზიკა. დიდი ადრონული ამაჩქარებელი (LHC) შეიძლება განხილულ იქნას როგორც “ტოპ კვარკის ფაბრიკა”, წარმოიქმნება რა მასზე დაახლოებით 80 000 ტოპ-ანტიტოპ ($t\bar{t}$) კვარკული წყვილი დღეში $L=10^{33} \text{ სმ}^{-2} \text{ წმ}^{-1}$ ნათების დროს, რაც ხდის მას ტოპ კვარკის თვისებების და მისი იშვიათი დაშლების შესწავლისათვის იდეალურ საშუალებად. სტანდარტული მოდელის ფარგლებში ტოპ კვარკის მასის დიდი სიზუსტით გაზომვა ჰიგსის ბოზონის (m_H) მასის ქვემოდან შემოსაზღვრის საშუალებას მოგვცემს. ტოპ კვარკი დიდი მასის გამო წარმოადგენს შესაფერის ობიექტს ელექტროსუსტი სიმეტრიის დარღვევის ბუნების დასადგენად, ფერმიონების მასების გენერაციის შესასწავლად და სხვა მასიური ნაწილაკების შესაძლო არსებობის დასამტკიცებლად. გარდა ამისა ტოპ კვარკის შემთხვევები იქნება ძირითადი ფონური შემთხვევები 1 ტევის მასშტაბში “ახალი ფიზიკის” – სტანდარტული მოდელის მიღმა ფიზიკის კვლევებში. ამრიგად ახალი ფიზიკური შედეგების მისაღებად საჭიროა ტოპ კვარკის შემთხვევების თვისებების დადგენა და დაბადების ალბათობის ზუსტი გაზომვა. კინემატიკურად დაშვებულია არომატის შემცველი ნეიტრალური დენებით (FCNC) მიმდინარე ტოპ კვარკის მრავალი იშვიათი დაშლის მოდა, ისეთები როგორცაა $t \rightarrow cV$ ($V = \gamma, Z, g$) და $t \rightarrow ch$ ($h=H^0, A^0$), სადაც h არის ჰიგსის ბოზონი. ტოპ კვარკის არომატის შემცველი ნეიტრალური დენებით (FCNC) მიმდინარე იშვიათი დაშლებისადმი ინტერესი განპირობებულია იმით, რომ სტანდარტული მოდელი წინასწარმეტყველებს იმდენად მცირე დაშლის ალბათობებს ტოპ კვარკის (FCNC) იშვიათი დაშლებისათვის, რომ თუნდაც რამდენიმე A შემთხვევის დამზერა იქნება მიმანიშნებელი ეგრეთ წოდებული “ახალი ფიზიკის” – სტანდარტული მოდელის მიღმა ფიზიკის არსებობისა მოცემული სადოქტორო პროგრამა ითვალისწინებს ექსპერიმენტულ კვლევებს ორი მიმართულებით: 1. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკური პროგრამის ფარგლებში ტოპ კვარკის ფიზიკაში კვლევებს: ტოპ კვარკის თვისებების შესწავლას; ATLAS ექსპერიმენტის მგრძობიარობის (დამზერის შესაძლებლობის) შესწავლას არომატის შემცველი ნეიტრალური დენებით (FCNC) მიმდინარე ტოპ კვარკის იშვიათი დაშლების მიმართ.

2. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკური კვლევების პროგრამის წარმატებით განხორციელებისათვის დანადგარს ესაჭიროება ძალიან კარგი ელექტრომაგნიტური და ადრონული კალორიმეტრები

ელექტრონების, პიონების, ფოტონების, ადრონული ჭავლების იდენტიფიკაციისათვის და ნაკლები განივი ენერჯის E_T^{miss} გასაზომად. ტაილ კალორიმეტრი არის ATLAS დანადგარის ადრონული კალორიმეტრი. იმის გამო რომ ტაილ კალორიმეტრი იმუშავებს დიდი ხნის განმავლობაში მონაცემთა შეგროვების დროს (ყოველ წელს 9-10 თვე) უნდა მუდმივად ჩატარებულ იქნას მისი ყველა მთავარი სისტემის კონტროლი, დაგროვილ იქნას საჭირო ინფორმაცია მწყობრიდან გამოსული კომპონენტების დასაფიქსირებლად და უზრუნველყოფილ იქნას დეტექტორის ელემენტების სტაბილური ფუნქციონირება მომავალში. ადრონული ტაილ-კალორიმეტრის სხვადასხვა თვისებების და მახასიათებლების (ენერგეტიკული გარჩევის უნარიანობის, წრფივობის) შესწავლას, მათ საბოლოო დადგენას ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ექსპერიმენტის გაშვების შემდეგ და მონაცემების დაგროვებისათვის.

ამ მოდულის პროგრამის მეორე მიზანია ტაილ კალორიმეტრიდან მიღებული მონაცემების ხარისხის შემოწმება და შეფასება როგორც ექსპერიმენტის მსვლელობისას “online” რეჟიმში, ისე Offline” რეჟიმში ფიზიკური და ყალიბების მონაცემების საშუალებით, ტაილ კალორიმეტრის მუშაობის შემოწმება ექსპერიმენტული მონაცემების და მონტე-კარლო სიმულაციების დახმარებით, ექსპერიმენტული და მონტე-კარლო სიმულაციის მონაცემების შედარება. ტაილ კალორიმეტრის, როგორც ATLAS დანადგარის ერთი-ერთი ქვე-დეტექტორის, ყოფაქცევისა და სტაბილურობის ანალიზი დეტექტორის კონტროლის სისტემის მონაცემების გამოყენებით.

სამეცნიერო კომპონენტი / თემატიკა - 120 ECTS კრედიტი

- ტოპ კვარკის თვისებების და იშვიათი დაშლების შესწავლა ATLAS ექსპერიმენტში
- ATLAS ექსპერიმენტის ტაილ კალორიმეტრის მახასიათებლების დადგენა, მისი ყოფაქცევისა და სტაბილურობის ანალიზი დეტექტორის კონტროლის სისტემის მონაცემების გამოყენებით.

მოდული 1.3. ამ მოდულის პროგრამა მოიცავს ელექტრომაგნიტური ტალღების დინამიკის შესწავლას მაგნიტო-რადიაციულ კომპლექსურ პლაზმებში, მდგრადობის ამოცანისა და არაწრფივი მოვლენების, განსაკუთრებით დისიპაციის მექანიზმების კვლევებს, არაწრფივი დინამიკის შესწავლას ე.წ. “მტრიან” პლაზმაში. ამგვარი კომპლექსური პლაზმა, მრავალკომპონენტური და ასევე მტრიანი პლაზმა რეალიზდება როგორც ლაზორატორიულ დანადგარებში, ასევე ასტროფიზიკურ ობიექტებში. გამოყენებული იქნება თანამედროვე ანალიზური და რიცხვითი მეთოდები როგორც ჰიდროდინამიკურ, ასევე კინეტიკურ მოდელებში (რელატივისტური და არარელატივისტური მიდგომები შესაბამისად კონკრეტული ამოცანისა). ასეთი ტიპის ამოცანების კვლევა მნიშვნელოვანია გაცხელებისა და ნაწილაკთა / პლაზმური დინებების აჩქარების პრობლემების ამოსახსნელად, ენერჯიების ტრანსფორმაციის, მდგრადობის, წონასწორობისა და მძლავრი გრიგალური ველების გენერირების მექანიზმებისა და პირობების განსასაზღვრავად თანამედროვე ლაზორატორიულ დანადგარებსა და ასტროფიზიკურ პირობებში.

ამ მოდულის პროგრამის ძირითადი მიზანია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი, მაღალი კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტების მომზადება პლაზმის ფიზიკის და ასტროფიზიკის სპეციალობებით. ამ პროცესში, პირველ რიგში გათვალისწინებული იქნება საქართველოში აღმოცენებული იმ სამეცნიერო სკოლების გამოცდილება, რომელთა წვლილიც აღიარებულია საერთაშორისო დონეზე და პრიორიტეტულ ხასიათს ატარებს. აღსანიშნავია მიღწევები ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის პლაზმის ფიზიკის განყოფილებისა და თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში (ნ. ცინცაძე, ვ. ბერეჟიანი, ნ. შათაშვილი, დ. ცხაკაია, გ. სურამლიშვილი, ჯ. ჯავახიშვილი, ს. ნანობაშვილი, დ. გარუჩავა, ს. მიქელაძე), სადაც აქტიურად მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს კვლევები ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების ამოცანებზე სხვადასხვა ტიპის პლაზმაში, მძლავრი რელატივისტური პლაზმური კონებისა და ნაწილაკების აჩქარების ამოცანებზე, გრიგალური სტრუქტურების, დარტყმითი ტალღების, ძლიერი მაგნიტური ველების გენერირებასა და მაგნიტო-ჰიდროდინამიურ ბმებზე ისეთი მნიშვნელოვანი ამოცანების ასახსნელად, როგორცაა არაერთგვაროვანი რეგულარული სტრუქტურების ფორმირება, დინებებისა და პლაზმური გროვების ფორმირება და დიდ-მასშტაბოვანი სიჩქარისა და მაგნიტური ველების გენერირება, პლაზმის გაცხელება როგორც ასტროფიზიკურ, ასევე ლაზორატორიულ პირობებში.

გათვალისწინებული კვლევების დროს აქცენტირება გაკეთდება ახალგაზრდა სპეციალისტისათვის რიცხვითი თვლების წარმოების ჩვევების ჩამოყალიბებაზე, რათა გარდა მოცემული ფიზიკური სპეციალობებისა დახელოვნდეს სხვადასხვა ტიპის რიცხვითი თვლების კეთებაში.

პროგრამის ამ მოდულის მიმართულებებია:

- **მდგრადობა და არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობა მაგნიტო-რადიაციულ კომპლექსურ პლაზმაში (Stability and Nonlinear Landau Damping in a Magneto-Radiative Complex Plasma).**

კვლევების მიზანია:

დამუხტული ზედაპირის მდგრადობის ამოცანის შესწავლა მაგნიტო-რადიაციული მტვრიანი პლაზმისათვის და არამდგრადობის მექანიზმების დადგენა. ამ მექანიზმებიდან განსაკუთრებული ყურადღება მიექცევა ზედაპირის დამუხტულობასა და დისიპაციურ არამდგრადობებს გამოწვეულს რადიაციული ენერჯის ნაკადით. განხილული იქნება სითბური რადიაციის ზეგავლენა ჯინსის არამდგრადობაზე დამაგნიტებულ მტვრიან პლაზმაში გრავიტაციულ ველში (ასეთი სიტუაცია ხშირად გვხვდება ასტროფიზიკურ პირობებში). განივი ელექტრომაგნიტური ველისათვის გაითვალისწინება არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობაც მოდულაციური არამდგრადობის შესასწავლად. ცალკე იქნება განხილული არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობის ამოცანა ელექტრონ-პოზიტრონული პლაზმისათვის, რაც მნიშვნელოვანია ასტროფიზიკური ობიექტების დინამიკის ამოცანებისათვის.

- **ელექტრომაგნიტური ტალღების მტვრიან პლაზმასთან ურთიერთქმედების სპეციფიური ხასიათის შესწავლა (A Specific Property of Electromagnetic Waves Interacting with Dusty Plasma).**

კვლევის მიზანია:

მტვრის მარცვლების არაწრფივი ეკრანირების ამოცანის კვლევა ერთგვაროვან სრულიად იონიზებულ ელექტრონ-იონურ პლაზმაში. გამოიყვანება განტოლებათა სისტემა მტვრის მარცვლის დინამიკისათვის გადაუგვარებულ პლაზმაში და შემოთავაზებულ იქნება ახალი ტიპის ატომის არსებობა კარგად განსაზღვრული ატომური რადიუსით. ჩატარდება ულტრა-დაბალი სიხშირის მქონე რხევების აღზნების ამოცანების კვლევა. ასევე გათვალისწინებულია სოლიტონის აჩქარების ამოცანის შესწავლა მტვრიანი-სპირალური ტალღების არაწრფივი ლანდაუს ჩაქრობის გამო. აგებულ იქნება კინეტიკური არაწრფივი შრედინგერის განტოლება არაწრფივი არალოკალური წევრით (დისიპაციის გათვალისწინებით). ნაჩვენებია იქნება, რომ ასეთ პლაზმაში ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების პროცესი ძლიერ განსხვავდებულა ელექტრონ-პოზიტრონულ პლაზმასთან შედარებით. მაგალითად, მტვრიან მარცვლებზე პონდერომოტორული ძალა მოქმედებს როგორც უარყოფითი წნევა. ძირითადი ნაწილი ამ კვლევებისა მიმართული იქნება მარცვლების ლოკალიზაციის ამოცანისადმი ელექტრომაგნიტური ტალღების მიერ.

მოდული 1.4. კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა დღეისათვის წარმოადგენს მეცნიერების ერთ-ერთ

სწრაფად განვითარებად დარგს, რომელსაც ფუნდამენტურის გარდა დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვს და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ყოველდღიურ ცხოვრებაზე. დარგის შედეგები ინტენსიურად გამოიყენება მეცნიერების სხვა მიმართულებებში და წარმოადგენს მათი სწრაფი განვითარების საფუძველს.

წარმოდგენილი მოდულის სადოქტორო პროგრამა მოიცავს კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის მიმართულებების ფართო სპექტრს. ძირითად აქცენტები გაკეთდება თანამედროვე მასალების ექსპერიმენტულ და თეორიულ შესწავლაზე, დოქტორანტებისთვის კვლევების უახლესი მეთოდების ათვისებაზე.

- პროგრამის ფარგლებში სამეცნიერო კვლევები დაგეგმილია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტსა და ვერსალის უნივერსიტეტში.
- დოქტორანტებს შესაძლებლობა ეძლევათ მიიღონ თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და ვერსალის უნივერსიტეტის დოქტორის აკადემიური ხარისხები.
- სწავლება იწარმოებს ქართულ და ინგლისურ (ან ფრანგულ) ენებზე.

პროგრამის ამ მოდულის მიზანია: სართაშორისო სტანდარტების შესაბამისი მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტის მომზადება კონდენსირებული ფიზიკის მიმართულებით.

პროგრამაზე მიმართულებები/თემები:

1. მაგნიტური ოქსიდების და ნახევარგამტარების დაბალგანზომილებიანი სტრუქტურები.

2. მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა.
3. მაგნეტიზმი.
4. სპინტრონიკა.

მოდული 1.5 შესაბამისი მეცნიერული მიმართულებები მნიშვნელოვნად დაკავშირებულია "ზმს ტექნიკის", "მაგნეტიზმის ფიზიკის", "ნანოტექნოლოგიების კვლევასა" და "მაგნიტორეზონანსულ მოვლენებთან", ამიტომ კონდენსირებული გარემოს ან უბრალოდ "მყარი ტანის" ობიექტებზე ელ. მაგნიტური ველების განაწილებისა და ზემოქმედების ეფექტების ცოდნა, მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავენ მათი მაგნიტური და ელექტრული თვისებების სიღრმისეულ გაგებას. ეს განპირობებულია იმ თვალსაზრისითაც, რომ ახალმა მასალებმა, როგორცაა მაგნიტური ნივთიერებები, მაღალტემპერატურული ზეგამტარები, შერეული ვალენტობის მანგანატები, ნანომასალები, ფულერენები და ფულერიდები წარმოადგენენ ისეთ მაგნიტურ მასალებს, რომლებიც პრაქტიკული თვალსაზრისით გამოირჩევიან უნიკალური მაგნიტური და ელექტრული თვისებებით. ამ მიზნით მეტად მნიშვნელოვანია ფუნდამენტური კვლევები მაგნიტური მოვლენების ფიზიკაში, ისეთი ტიპის მაგნეტიკებზე, რომლებიც წარმოადგენენ იდეალურ სისტემებს მყარი ტანის ფიზიკის შესწავლისათვის.

მეორე მხრივ, სულ უფრო ინტენსიურად ხდება მაგნიტურ მასალებზე შექმნილი ხელსაწყო დანადგარების განვითარება. XXI საუკუნეში მეცნიერებს საქმე ექნებათ ნანოზომების (ანგსტრემის რიგის) მქონე ობიექტებთან. რამდენადაც მყარი ტანის კრისტალოგრაფიული და მაგნიტური თვისებები დამოკიდებულია მათ მიკროსტრუქტურებზე (ქიმიურ შემადგენლობაზე), ატომურ სტრუქტურაზე და მის ზომებზე, ამიტომ მოცულობითი სხეულიდან, ისეთ ნიმუშებზე გადასვლისას, რომლის ზომები ერთ, ორი ან სამი რიგით მცირეა, ადგილი უნდა ქონდეს სრულიად ახალი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ფორმირებას. ნანოსტრუქტურული მასალების სინთეზი მათ შორის ე.წ. ზემესერული ფირები (ე.წ. მულტიფენების მქონე ფირები), რომლებიც წარმოადგენენ მაგნიტური და დიამაგნიტური თხელი ფირების მონაცვლეობას, განსაკუთრებული მაგნიტურ სტრუქტურებს ქმნიან. მათი თავისებურებანი განპირობებენ ახალი თაობის მიკროელექტრონიკის მოწყობილობის შექმნის პირობებს. ამის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს მახსოვრობის მაგნიტურ მოწყობილობებში ინფორმაციის ჩაწერის სიმკვრივის მნიშვნელოვანი ზრდა. ეკოლოგიაში, რომელიც ეფუძნება კრისტალოგრაფიული მახასიათებელი პარამეტრების ცვლილებას გარემო ფაქტორების მიხედვით – ელექტრო და მაგნიტოსტრიქციული მოვლენები (ულტრაბგერა), წარმატებით მიმდინარეოს არქეოლოგიური ობიექტების კვლევა, ელექტრო პარამაგნიტური და ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის საშუალებით, ასევე კალორიმეტრული მეთოდებით და სხვა.

პროგრამის ამ მოდულის მიმართულება: "პოლიკრისტალური და ნანოზომის მქონე მაგნეტიკების შესწავლა მაგნეტორეზონანსული მეთოდებით"

მოდული 1.6. მიკროელექტრონიკა თანამედროვეობის წამყვანი სამეცნიერო-გამოყენებითი დარგია. სწორედ მასთანაა დაკავშირებული ადამიანის მიერ კოსმოსის ათვისების დაწყება, თანამედროვე კომპიუტერული სისტემების, ინტერნეტის, მობილური კაბმირგაბმულობის ქსელების შექმნა და სხვა. ნანოელექტრონიკა წარმოადგენს მიკროელექტრონიკის ლოგიკურ გაგრძელებას. მყარსხეულოვანი საინფორმაციო ხელსაწყოები შემცირდნენ მიკროდან (10-6 მ) ნანო (10-9მ) ზომამდე. ნანოელექტრონიკაში ელემენტების ტიპური ზომები შეადგენენ 10 – 100 ნმ-ს. მყარსხეულოვანი ელექტრონული ხელსაწყოთა ზომის ნანომეტრული უზნის ზომასთან მიახლოებისას თავს იჩენს ელექტრონის კვანტური თვისებები. ნანოელექტრონიკა – მეცნიერების და ტექნიკის ის დარგია, რომელიც შეისწავლის და იკვლევს ნანომეტრული ზომის ელემენტებს, მათ შექმნას და გამოყენებას. ასეთი ხელსაწყოების ფუნქციონირების საფუძველი კვანტური ეფექტებია. აღსანიშნავია, რომ ნანოელექტრონიკის და ნანოტექნოლოგიის შექმნა არაა განპირობებული მხოლოდ ელემენტების გეომეტრიული ზომების შემცირებით ნანომასშტაბამდე. ძირითადი ფაქტორია ნანომასალებისთვის სრულიად ახალი, უნიკალური თვისებების გამოვლენა,

რომელთა ახსნა კლასიკური ფიზიკის ფარგლებში შეუძლებელია და საჭიროებს კვანტური ფიზიკის ჩართვას.

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიზანია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი, მაღალი კვალიფილაციის მქონე სპეციალისტების მომზადება მიკრო და ნანოელექტრონიკაში. ამისათვის პირველ რიგში გამოყენებულ იქნება საქართველოში ამ მიმართულებით არსებული სკოლის გამოცდილება, რომელიც აღიარებულია საერთაშორისო დონეზე.

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიმართულებებია:

1. იმს-ის ელემენტების შექმნის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიური პროცესების კვლევა და დამუშავება.

კვლევის მიზანია: GaAs-ზე შექმნილი ხელსაწყოები ხასიათდებიან მაღალსიხშირული დიაპა-ზონით და თანამედროვე კომუნიკაციის იმს-ების თითქმის 90% მათზეა შექმნილი. ისინი მიღებული არიან მაღალ ტემპერატურაზე (~5000C) და ნორმალურად ღია და ნორმალურად დახურული ველის ტრანზისტორები ფორმირებული არიან სხვადასხვა საფენზე სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესში, რაც აუარესებს მის საიმედოვნების და ინტეგრაციის ხარისხს. ჩვენს შემთხვევაში მიიღება, გამოიკვლევა და შეისწავლება GaAs-ზე ერთ საფენზე და ერთ ტექნოლოგიურ პროცესში მიღებული ნორმალურად ღია და ნორმალურად დახურული ველის ტრანზისტორები.

2. იონური ლეგირების პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები:
დიფუზიური პროცესები მიმდინარეობენ მაღალ (~11500C) ტემპერატურაზე, რაც იწვევს ზემოთჩამოთვლილ უარყოფით ეფექტებს, აუარესებს მიღებული ხელსაწყოს პარამეტრებს და ამცირებს საიმედოვნებას. იონური ლეგირების პროცესის შესწავლა, როგორც თეორიულად, ასევე პრაქტიკულად უადრესად აქტუალურია. ლეგირების შედაგად წარმოქმნილი რადიაციული დეფექტების გამოწვის პროცესების შესწავლა მოხდება არატრადიციული მეთოდებით. მაღალ ტემპერატურული გამოწვის ნაცვლად მოხდება ჩვენთან შემუშავებული დაბალ ტემპერატურული ფოტონური გამოწვებით. ფოტონების წყაროდ გამოყენებულ იქნება ჰალოგენური ნათება, რომელთა ინტენსიობის და განათების დროის ხანგრძლიობის რეგულირებით დადგინდება გამოწვის პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები.

3. ზომითი შეზღუდვებისა და ბალისტიკური ტრანსპორტის პროცესების კვლევა და დამუშავება.

კვლევის მიზანია: არონოვ-ბომის ეფექტზე შექმნილი ინტერფერენციული ტრანზისტორი წარმოადგენს ნორმალურად დახურული ველის ტრანზისტორის ანალოგს. ინტერ-ფერენციული ტრანზისტორის ჩამკეტის მოპირდაპირე ნახევარწრეზე განსაზღვრული პერიოდის გოფირებული ზედაპირის ფორმირებისას, ჩამკეტზე ძაბვის მოდების გარეშე, მათში შეიქმნება ფერმის ენერგიებს შორის სხვაობა და მიიღება ტრანზისტორის გამოსავალზე ინტერფერენცია. ჩამკეტზე ძაბვის სიდიდის და ნიშნის მიხედვით შესაძლებელია ინტერფერენციის ჩაქრობა ან გაძლიერება. ასეთი ტრანზისტორი ნორმალურად ღიაა, რომელიც წარმოადგენს კვლევის მიზანს. კონფორმული ზედაპირები შესაძლებელია მადალეფექტური თერმოელექტრული გარდამქმნელებისა და გამაცივებლების შესაქმნელად. კონფორმული ზედაპირების გამოყენებით დიდ ფართზე გაზრდის ბალისტიკური დიოდის (პირველად შექმნა 1მმ² ფართზე ნობელის პრემიის ლაურიატმა ლეო ესაკიმ) მახასიათებლებს.

მოდული 1.7. კომპიუტერულმა მოდელირებამ ფეხი მოიკიდა თანამედროვე მოდულების თითქმის ყველა სფეროში: მეცნიერებაში, მედიცინაში, საინჟინრო დარგებში, სოციოლოგიაში, კომერციაში და ა. შ. სწორედ ამიტომაც შრომით ბაზარზე არის დიდი მოთხოვნა იმ სპეციალისტებზე, რომლებსაც გააჩნიათ უნარ-ჩვევები, ცოდნა და გამოცდილება კომპიუტერულ მოდელირებაში დასმული პრობლემის ოპტიმალური გადაწყვეტის მიზნით.

ამ მოდულის კურსის მიზანი და ამოცანაა დაეფლოს ფიზიკური პროცესების მათემატიკურ მოდელირებას, სათანადო ალგორითმისა და კომპიუტერული პროგრამის შექმნას, მათ ვიზუალიზაციას და რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარებას საუკეთესო პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით. გააღრმავოს თავისი ცოდნა როგორც ფიზიკაში, ასევე კომპიუტერულ ტექნოლოგიაში. გამოიმუშაოს სამეცნიერო მუშაობის უნარ-ჩვევები.

4.2 პროგრამის შედეგი:

ა) ცოდნა და გაცნობიერება - ფიზიკის დარგის/ზემოთ ჩამონთვლილის ქვედარგების და დარგთაშორისი სფეროების უახლეს მიღწევებზე დამყარებული ცოდნა, რაც არსებული

ცოდნის გაფართოებისა თუ ინოვაციური მეთოდების გამოყენების საშუალებას იძლევა (რეფერირებადი პუბლიკაციისათვის აუცილებელი სტანდარტის დონეზე). არსებული ცოდნის ხელახალი გააზრებისა და ნაწილობრივ გადაფასების გზით ცოდნის განახლებული ფარგლების გაცნობიერება;

კერძოდ:

მოდული 1.1 “თეორიული ფიზიკის სპეციალობის” დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება უნდა იყოს ჩამოყალიბებული მეცნიერი. რომელსაც შეეძლება: აწარმოოს მაღალი დონის სამეცნიერო კვლევა, მაღალი იმპაქტ ფაქტორის მქონე საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში სტატიების გამოქვეყნება და სხვადასხვა ტიპის სამეცნიერო ფორუმებზე მოხსენებების გაკეთება. ის ასევე უნდა იყოს კვალიფიციური პედაგოგი, რათა ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებს საკმაოდ მაღალ დონეზე წაუკითხოს ლექციები. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში ისე საზღვარგარეთ.

მოდული 1.2 თანამედროვე ფიზიკური ექსპერიმენტები მაღალი ენერჯიების ფიზიკაში საკმაოდ რთული და კომპლექსურია. მათი მომზადება და ჩატარება მოითხოვს საკმაოდ დიდ ძალისხმევას: წინასწარ უნდა ჩატარდეს როგორც ექსპერიმენტული დანადგარის, ასევე შესასწავლი ფიზიკური პროცესების მოდელირება, შეირჩეს ოპტიმალური პირობები სრულფასოვანი ექსპერიმენტული მონაცემების მისაღებად. მონაცემთა ანალიზისთვის კი საჭიროა ახალი კომპიუტერული პროგრამების შექმნა. დოქტორანტს საშუალება ექნება ეზიაროს თანამედროვე ექსპერიმენტული კვლევების მეთოდებს, მიიღოს უახლეს ელექტრონულ აპარატურასთან მუშაობის გამოცდილება და დაეუფლოს ექსპერიმენტული შედეგების თეორიული აღწერის მეთოდებს. ეს საშუალებას მისცემს მას შეიძინოს მეცნიერ-მკვლევარის ჩვევები და ჩამოყალიბდეს სრულფასოვან მეცნიერად.

მოდული 1.3 “პლაზმის ფიზიკისა და ასტროფიზიკის” სპეციალიზის ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება იქნება ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც შეეძლება არა მარტო დამოუკიდებლად განაგრძოს სამეცნიერო მოღვაწეობა, არამედ იყოს კვალიფიციური პედაგოგიც. სახელდობრ, მას ექნება უნარი, რათა ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებს წაუკითხოს ლექციები საკმარისად მაღალ დონეზე. მიღებული სამეცნიერო გამოცდილების გათვალისწინებით მომავალი დოქტორი შეძლებს აწარმოოს მაღალი დონის სამეცნიერო კვლევა და გამოაქვეყნოს პუბლიკაციები მაღალ იმპაქტ ფაქტორიან საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში, რაც საშუალებას მისცემს მონაწილეობა მიიღოს სხვადასხვა სახის საერთაშორისო პროგრამებში საზღვარგარეთის სასწავლო/სამეცნიერო ცენტრებთან ერთობლივად.

მოდული 1.4 “კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის” სპეციალობის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება იქნება ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც ექნება კვლევის თანამედროვე მეთოდების ღრმა ცოდნა, უნარი დაგეგმოს და დამოუკიდებლად აწარმოოს საერთაშორისო სტანდარტების სამეცნიერო კვლევა. იგი უნდა იყოს ასევე მაღალი დონის პედაგოგი. ქონდეს უნარი ლექციები და პრაქტიკული მეცადინეობები ჩაუტაროს ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებს.

მოდული 1.5 სადოქტორო პროგრამის გავლისას, დოქტორანტი მიიღებს თანამედროვე ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის საჭირო ცოდნას და გამოცდილებას. ზემოთ განხილული დისციპლინების ცოდნა მნიშვნელოვნად წაადგება დოქტორანტს თავისი მეცნიერული მოღვაწეობისათვის. ერთ-ერთ ასეთ საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს მაგნიტორეზონანსული შთანთქმის მეთოდი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ატომის ელექტრონულ გარსებზე და ბირთვებზე ლოკალური ველების განაწილებისა და დომენური კედლების ძვრადობის შესწავლა, რაც მეტად მნიშვნელოვანია ნანოსტრუქტურული მასალების მაგნიტური თვისებების კვლევებისათვის. ამრიგად ამ მიმართულებით წარმოდგენილი კვლევები სრულად ეთანადება დასმული ამოცანების გადაწყვეტას ნაციონალურ და საერთაშორისო დონეზე.

მოდული 1.6 ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება უნდა იყოს ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც შეეძლება არა მარტო დამოუკიდებლად განაგრძოს სამეცნიერო მოღვაწეობა, არამედ იყოს კვალიფიკაციური პედაგოგიც. კერძოდ, მას უნდა ჰქონდეს უნარი ბაკალავრის და მაგისტრატურის სტუდენტებს ჩაუტაროს პრაქტიკულ/სემინარები საკმაოდ მაღალ დონეზე. მიღებული სამეცნიერო გამოცდილებით მას შეეძლება დამოუკიდებლად ჩაატაროს მაღალი დონის ექსპერიმენტები და აწარმოოს სამეცნიერო კვლევები, გამოაქვეყნოს სამეცნიერო პუბლიკაციები მაღალ რეიტინგიან საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში, რაც საშუალებას მისცემს მონაწილეობა მიიღოს სხვადასხვა სახის საერთაშორისო პროგრამებში საზღვარგარეთის სასწავლო/სამეცნიერო ცენტრებთან ერთობლივად.

მოდული 1.7 კურსდამთავრებულის დარგობრივი კვალიფიკაცია, ცოდნა, კომპეტენცია და უნარ-ჩვევები გამოიხატება იმაში, რომ მას გააჩნია:

- ზოგადი ფიზიკის, ელექტროდინამიკის, მათემატიკური ფიზიკის ღრმა ცოდნა;
- თანამედროვე გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური პრობლემების ამოხსნის უნარი;
- კომპიუტერული მოდელირების ფიზიკური და მათემატიკური საფუძვლებს ცოდნა;
- რიცხვითი მეთოდების, პროგრამული ენების, გრაფიკული პროგრამირების ცოდნა.
- თანამედროვე პროგრამული პაკეტების შექმნის პრინციპების ცოდნა;
- რიცხვითი ექსპერიმენტების და რთული პროცესების ოპტიმიზაციის უნარჩვევები;

ბ) ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენების უნარი - ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში:

- დამოუკიდებელი სამეცნიერო და კვლევითი მუშაობის უნარჩვევები;
- ინოვაციური კვლევის დამოუკიდებლად დაგეგმვა, განხორციელება და ზედამხედველობა;
- შემუშავება ახლებური კვლევითი და ანალიტიკური, ექსპერიმენტული, რიცხვითი თვლების მეთოდებისა და მიდგომებისა, რომლებიც ახალი ცოდნის შექმნაზეა ორიენტირებული და აისახება საერთაშორისო რეფერირებად პუბლიკაციებში.

გ) დასკვნის უნარი

- ახალი, რთული და წინააღმდეგობრივი იდეებისა და მიდგომების კრიტიკული ანალიზი, სინთეზი და შეფასება, რითაც ხდება ახალი მეთოდოლოგიის შემუშავება/განვითარების ხელშეწყობა ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში;
- პრობლემის გადაჭრისათვის სწორი და ეფექტური გადაწყვეტილების დამოუკიდებლად მიღება ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში.

დ) კომუნიკაციის უნარი - ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში ახალი ცოდნის არსებულ ცოდნასთან ურთიერთკავშირში დასაბუთებულად და გარკვევით წარმოჩენა, ასევე საერთაშორისო სამეცნიერო საზოგადოებასთან თემატურ პოლემიკაში ჩართვა უცხოურ ენაზე.

ე) სწავლის უნარი - ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში უახლეს მიღწევებზე დამყარებული ცოდნიდან გამომდინარე ახალი იდეების ან პროცესების განვითარების მზაობა სწავლისა და საქმიანობის, მათ შორის კვლევის პროცესში.

ვ) ღირებულებები - ღირებულებათა დამკვიდრების გზების კვლევა და მათ დასამკვიდრებლად ინოვაციური მეთოდების შემუშავება როგორც ფიზიკის ზემოთჩამოთვლილ ქვედარგებში, ასევე დარგთაშორის მიმართულებებში.

4.3 კურსდამთავრებულთა დასაქმების სფეროები:

მოდული 1.1 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს თეორიული ფიზიკის მიმართულებების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებაში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში.

მოდული 1.2 დოქტორანტი მიიღებს საკმაოდ დიდ გამოცდილებას თანამედროვე ელექტრონიკაში, ზოგადად ექსპერიმენტული მონაცემების სტატისტიკურ ანალიზში და

თანამედროვე კომპიუტერული სისტემების ეფექტურად გამოყენებაში. მიღებული გამოცდილებისა და ცოდნის რეალიზაცია დოქტორანტს შეუძლია როგორც თანამედროვე ამაჩქარებლებზე დაგეგმილ ექსპერიმენტებში, ასევე ინდუსტრიაში, სადაც თანამედროვე ტექნოლოგიები გამოიყენება.

მოდული 1.3 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს პლაზმის ფიზიკის, თეორიული ასტროფიზიკის მიმართულელების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში, საქმიანობაში რომელშიც ინტენსიურად იქნება გამოყენებული რიცხვითი თვლები.

მოდული 1.4 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში.

მოდული 1.5 ტელე-საკომუნიკაციო კომპანიები საქართველოში, ინდუსტრიალური წარმოება, რომელიც დაფუძნებულია ელექტრონულ ტექნოლოგიებზე, დანადგარების ავტომატურ მართვაზე და კონტროლზე. სამოქალაქო და თავდაცვის ავიაცია, რადიოლოკაციური სისტემების მომსახურეობა შესაბამისი ტექნიკური უზრუნველყოფით. მედიცინა – მცირე სიმძლავრის გამომხსივებელი სამკურნალო აპარატურა, კომპიუტერული ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის ტომოგრაფია, ჰიპერთერმიული კვლევისათვის და სხვა ტექნიკური აღჭურვლობის მომსახურეობა. ეკოლოგია

მოდული 1.6 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს ელექტრონიკის, მიკრო და ნანოელექტრონიკის სამეცნიერო დაწესებულებებში; საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში.

მოდული 1.7 მეცნიერებისა და განათლების სფერო; სამეცნიერო - კვლევითი ლაბორატორიები და საკონსულტაციო ჯგუფები (პრობლემის ოპტიმალური გადაწყვეტა); პროგრამული პაკეტების შექმნა, კომპიუტერულ მოდელირება (Software Engineering). კომპიუტერული ტექნოლოგიების სადოქტორო დონეზე ცოდნა კურსდამთავრებულებს საშუალებას მისცემს დასაქმდნენ ფართე პროფილის დაწესებულებებში – ბანკებში, სავაჭრო ფირმებში, იურიდიული ექსპერტიზის თუ ეკონომიკურ ორგანიზაციებში და ა.შ.

5. სადოქტორო პროგრამაზე მიღების წინაპირობები:

მოდული 1.1 ფიზიკის მაგისტრი (ან ეკვივალენტური) და ინგლისური (სასურველია ასევე რუსული) ენის ცოდნა სულ ცოტა B2 დონეზე.

შესაძლებელია სტუდენტები იყვნენ საქართველოს გარედანაც, მაშინ მათ ჩაეთვლება თავის ქვეყანაში სპეც-კურსების გავლისას და პროფესორთა ასისტირებისას მიღებული კრედიტები.

ადამიანური და მატერიალური რესურსების გათვალისწინებით.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2-4 დოქტორანტის მიღება

მოდული 1.2 დოქტორანტი უნდა იყოს ფიზიკის მაგისტრი (ან მაგისტრის შესაბამისი კვალიფიკაციის მქონე) და ფლობდეს ინგლისურ ენას.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2 დოქტორანტის მიღება.

მოდული 1.3 ფიზიკის მაგისტრი (ან ეკვივალენტური) და ინგლისური (სასურველია ასევე რუსული) ენის ცოდნა სულ ცოტა B2 დონეზე.

შესაძლებელია სტუდენტები იყვნენ საქართველოს გარედანაც, მაშინ მათ ჩაეთვლება თავის ქვეყანაში სპეც-კურსების გავლისას და პროფესორთა ასისტირებისას მიღებული კრედიტები.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2 დოქტორანტის მიღება.

მოდული 1.4 ფიზიკის მაგისტრის (ან ეკვივალენტური) აკადემიური ხარისხი. ინგლისური ენის ცოდნა სულ ცოტა B2 დონეზე.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2-4 დოქტორანტის მიღება

მოდული 1.5 ფიზიკის მაგისტრის (ან ეკვივალენტური) აკადემიური ხარისხი. კონკურსში მონაწილესათვის საჭიროა ინგლისური, ფრანგული ან გერმანული ენის ცოდნა B1 დონეზე.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2 დოქტორანტის მიღება

მოდული 1.6 ფიზიკის მაგისტრის (ან ეკვივალენტური) აკადემიური ხარისხი. **ამ მოდულზე შესაძლებელია 4 დოქტორანტის მიღება**

მოდული 1.7 ფიზიკის ან მათემატიკის მაგისტრის ან კომპიუტერული მეცნიერებების (ან ეკვივალენტური) აკადემიური ხარისხი.

ამ მოდულზე შესაძლებელია 2 დოქტორანტის მიღება

სასწავლო კომპონენტი: სტუდენტმა უნდა დააგროვოს 40 ECTS სავალდებულო კრედიტი საუნივერსიტეტო და საფაკულტეტო სასწავლო სასწავლო კომპონენტის გავლით.

სამეცნიერო კვლევების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა:

მოდული 1.1

- პერსონალური კომპიუტერები
- ელექტრონული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები
- სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა

მოდული 1.2 ამ მოდულის პროგრამით გათვალისწინებული ორივე ამოცანის შესასრულებლად ექსპერიმენტი ჩატარდება ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში (ქ. ჟენევა, შვეიცარია) – CERN დიდ ადრონულ ამაჩქარებელზე ATLAS დანადგარზე. ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავება მოხდება ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში და თსუ მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტში არსებული კომპიუტერული სისტემების გამოყენებით. დოქტორანტი მიიღებს მონაწილეობას ექსპერიმენტის მსვლელობაში, ასევე მიღებული ექსპერიმენტული ინფორმაციის დამუშავება-ანალიზში.

მოდული 1.3

- ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის პლაზმის ფიზიკის განყოფილების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა,
- თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის “პლაზმის ფიზიკისა” და “ასტროფიზიკის” ქვემდართულელების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა.
- თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტისა და ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის ბიბლიოთეკები.
- სამაგიდო პერსონალური კომპიუტერები;
- გამოთვითი სუპერკომპიუტერი.
- ელექტრონული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები
- პროგრამული უზრუნველყოფა (Matlab, IDL, C/C++, FORTRAN, Maple, etc.)

მოდული 1.4

- პერსონალური კომპიუტერები.
- იმპულსური ლაზერული დაფენის დანადგარი.
- მაგნეტო-ტრანსპორტი 2K-600K, 9 T.
- ატომურ-ძალური მიკროსკოპი.
- მაგნეტომეტრი 2K-1000K, 9 T.
- ფოტოლუმინესცენციის და ნანო-კათოდოლუმინესცენციის დანადგარი.
- ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) სპექტრომეტრი, "BRUKER" გერმანია.
- ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) სპექტრომეტრი.
- მრავალფუნქციური ფიზიკური თვისებების გამზომი ხელსაწყო "Cryogenic" closed cycle system, 1.6-300 K 5T ინგლისი.

მოდული 1.5

- ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის განყოფილების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა,

- თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის “კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის” ქვემიმართულებების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა.
- თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტისა და ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის ბიბლიოთეკები.
- სამაგიდო პერსონალური კომპიუტერები;
- ელექტრონული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები
- პროგრამული უზრუნველყოფა

მოდული 1.6

- პერსონალური კომპიუტერი;
- ტექნოლოგიური ვაკუუმური დანადგარები, სტრუქტურების და ტრანზისტორების პარამეტრების გამზომი დანადგარ-მოწყობილობები;
- ელექტრონული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები;
- მიღებული შედეგების დასამუშავებლად პროგრამული უზრუნველყოფა.

მოდული 1.7

- პერსონალური კომპიუტერები
- ბიბლიოთეკა
- პროგრამული უზრუნველყოფ
- გამზომი ხელსაწყოები