1. **სადოქტორო პროგრამის სახელწოდება:** **ფიზიკა, Physics**

პროგრამა შედგება ფიზიკის დარგობრივი მიმართულებების შესაბამისი მოდულებისაგან:

1.1. თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics
1.2. ელემენტარული ნაწილაკები და კვანტური ველები / Elementary Particles and Quantum Fields
1.3. პლაზმის ფიზიკა / Plasma Physics
1.4 ასტროფიზიკა / Astrophysics
1.5. კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / Condensed Matter Physics
1.6. მიკრო და ნანოელექტრონიკა / Micro- and Nano-Electronics
1.7. გამოყენებითი ელექტროდინამიკა და რადიოტექნიკა / Applied Electrodynamics and Raidio-Engineering
1.8. არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / Nonlinear Phenomena Physics
1.9 ატომური და მოლეკულური ფიზიკა / Atomic and Molecular Physics
1.10 ბიოფიზიკა / Biophysics

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

შემოთავაზებული სპეციალობები:
2.1 თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics
2.2 ელემანტარული ნაწილაკების ფიზიკა / Elementary 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
2.8 არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / Nonlinear Phenomena Physics
2.9 ატომის ფიზიკა / Atomic Physics
2.10 ბიოფიზიკა / Biophysics

3. **სადოქტორო პროგრამის ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები:**

მოდული 1.1 - თსუ ასოც. პროფ. **მერაბ გოგბერაშვილი**
ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტის წამყვანი მკველვარი
არმენ ნერსესიანი,
ბონის უნივერსიტეტის პრივატ–დოცენტი **აკაკი რუსეცკი**

მოდული 1.2 - თსუ პროფ. **მერაბ ელიაშვილი**
თსუ მონაცემთა მოდელური ანალიზის ლაბორატორიის გამგე
მირიან ტაბიძე,
თსუ მაღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ მკვლევარი **თამარ ჯობავა,**
ერევნის ფიზიკის ინსტიტუტის წამყვანი მეცნიერ-თანამშრომელი
ნორაირ აკოფოვი,
თსუ-ს "ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის სასწავლო სამეცნიერო ლაბორატორიის" გამგე, ფიზ. მათ. მეცნ. დოქტორი იური თევზაძე

მოდული 1.3 - თსუ პროფ., აკადემიკოსი **ნოდარ ცინცაძე**

მოდული 1.4 - თსუ პროფ. **ნანა შათაშვილი**
თსუ ასოც. პროფ. **ალექსანდრე თევზაძე**

მოდული 1.5 - თსუ პროფ. **ალექსანდრე შენგელაია**
ივ. დუმონტი, ვერსალის უნივერსიტეტი, საფრანგეთი
თსუ ემერიტუს პროფ. **ანატოლი ახალკაცი**
თსუ ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერ
თანამშრომელი **გრიგოლ მამნიაშვილი**

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

მოდული 1.7 - მეცნიერებათა დოქტორი, თსუ გამოყენებითი ელექტროდინამიკის
ლაბორატორიის გამგე **დავით კაკულია**
თსუ ემერიტუს პროფ. **რევაზ ზარიძე**

მოდული 1.8 - თსუ პროფ. **არჩილ უგულავა**
თსუ ასოც. პროფ. **რამაზ ხომერიკი**

მოდული 1.9 - თსუ პროფ. **თამაზ კერესელიძე**
თსუ ასოც. პროფ. **ზაალ მაჭავარიანი**

მოდული 1.10 - თსუ **პროფ. თამაზ მძინარაშვილი**
წამლის გადამტანი ნანონაწილაკების კვლევის ლაბორატორიის გამგე,
ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი **მარიამ ხვედელიძე**
ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, მოლეკულური ფიზიკის
დეპარტამენტის **ასოც. პროფ. ევგენი მამასახლისოვი**

4. პროგრამის მოცულობა: 180 კრედიტი

5. სწავლების ენა: ქართული

6. სადოქტორო პროგრამის საკვალიფიკაციო დახასიათება:

პროგრამის მიზანი:

მოდული 1.1. თეორიული ფიზიკა კარგა ხანია დამოუკიდებელ დარგად ჩამოყალიბდა. ფიზიკის მეთოდები წარმატებით გამოიყენება მეცნიერების სხვა დარგებში, ხშირად კი ადამიანის პრაქტიკული მოღვაწეობების სხვა სფეროებშიც. წარმოდგენილი პროგრამა მოიცავს თეორიული 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 სპეციალისტები. საწყის ეტაპზე ფოლკსვაგენის გრანტის ფარგლებში პროგრამაში ჩართულები იქნებიან სომეხი და გერმანელი კოლეგებიც. სასწავლო კურსების ჩატარება იგეგმება თბილისში, ერევანსა და ბონში, ასევე ინტერნეტის საშუალებითაც.
- სწავლება იწარმოებს ქართულ და ინგლისურ ენებზე.

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

<u>მოდულის 1.1 სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):</u>

ამ მოდულის სადოქტორო პროგრამა წარმოდგენილი იქნება სამი ძირითადი მიმართულებით:

- თეორიული ფიზიკის თანამედროვე მათემატიკური მეთოდები (Advanced Mathematical Methods in Theoretical Physics)
- ველის თეორია მესერზე და დრო–სივრცის სხვადასხვა გამზომილებებისთვის (Field Theory on Lattices and for Various Space-Time Dimensions)
- გრავიტაცია და კოსმოლოგია (Gravitation and Cosmology)

მოდული 1.2 მოდული კომპლექსურია და ეხმაურება კვანტური ველების თეორიისა (I) და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის ექსპერიმენტის (II) თანედროვე ამოცანებს.

(I). კვანტური ველების თეორია არის უნივერსალური აპარატი, რომელიც ეფექტურად აღწერს როგორც ელემენტარული ნაწილაკების თვისებებს, ასევე კონდენსირებული გარემოს კვაზინაწილაკების ყოფაქცევას. ამიტომ განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ისეთი ამოცანები, სადაც შეიმჩნევა ღრმა ფიზიკური კავშირი ნაწილაკების ფიზიკასა და კონდენსირებული გარემოს ფიზიკას შორის.
ამგვარი ამოცანის უახლესი მაგალითია ორ-განზომილებიანი ფიზიკური ობიექტის - გრაფენის კვლევა. ამ ორ-განზომილებიანი კრისტალური მესერის სპეციფიკური სტრუქტურა იძლევა იმის საშუალებას რომ ერთიანი პოზიციებიდან განხილული იქნას ყალიბური სიმეტრიის სპონტანური დარღვევის ჰიგსის მექანიზმის, კირალური სიმეტრიის დარღვევის, კვარკების დატყვევების, აქსიალური ანომალიის, მუხტის ფრაქციონალიზაციის, გამრუდებული სივრცეების, ყალიბური ველების წარმოქმნის და სხვა საკითხები.
გრაფენის მნიშვნელოვანი თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ შესაბამისი აგზნებები წარმოადგენენ 2-განზომილებიან „რელატივისტურ“ ნაწილაკებს - დირაკის ფერმიონებს. ამიტომ ამოცანათა ფართე კლასი უკავშირდება გრაფენის თეორიულ შესწავლას.

(II) ა. CERN დიდ ადრონულ ამაჩქარებელზე (LHC) დაგეგმილ 4 ექსპერიმენტს შორის არის ATLAS ექსპერიმენტი, რომელიც წარმოადგენს მრავალ-მიზნობრივ პროტონ-პროტონული ურთიერთქმედებების შემსწავლელ დანადგარს. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკის პროგრამაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან და საინტერესო საკითხს წარმოადგენს ტოპ კვარკის ფიზიკა. ტოპ კვარკი თავისი 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.

ბ. ნუკლონ-ნუკლონური ურთიერთქმედების ექსპერიმენტულ კვლევას ფუნდამენტური მნიშვნელობა აქვს ბირთვული ძალების ბუნების დადგენისა და საერთოდ ძლიერი ურთიერთქმედების შესწავლისათვის. იულიხის ANKE /COSY დანადგარზე წარმოებული კვლევების ძირითადი მოტივაცია არის NN-გაბნევებში დამზერადი სიდიდეების ზუსტი გაზომვები, რომლებიც მნიშველოვანია პარციალურ-ტალღური ანალიზისათვის. ელემენტარული ნაწილაკების მუდმივი ელექტრული დიპოლური მომენტის (ედმ) არსებობა

დაკავშირებულია ბუნების კანონების დისკრეტული გარდაქმნების (სივრცული P და დროითი T ინვერსიები) მიმართ სიმეტრიებთან, არღვევს რა ამ სიმეტრიებს. მეორეს მხრივ CP-ინვარიანტობის დარღვევის კვლევამ შესაძლებელია ფარდა ახადოს ბარიოგენეზის პრობლემას, რომელიც სამყაროს წარმოშობის ქვაკუთხედია. ამდენად ამ ფენომენის კვლევას ფუნდამენტური მნიშვნელობა აქვს. ედმ-ის არსებობა ექსპერიმენტულად შეიძლება დადგენილ იქნას ელექტრულ და მაგნიტურ ველებში სპინის პრეცესიის შესწავლით. ამ კვლევებისთვისაც COSY ამაჩქარებელი, რომელსაც შეუძლია პოლარიზებული პროტონებისა და დეიტრონების აჩქარება 3.7 გევ/c იმპულსამდე, აღმოჩნდა უნიკალური დანადგარი.

გ. SM-სტანდარტული მოდელი კარგად აღწერს თითქმის ყველა ექსპერიმენტულ ფაქტს ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკაში. მიუხედავად ამისა, წლების განმავლობაში კეთდებოდა მინიშნებები SM-ის შესწორებაზე – გაფართოებაზე ხელოვნური ხერხების გამოყენების გარეშე. ე.ი. ამ ლოგიკის თანახმად უნდა არსებობდეს ფიზიკა SM–ის მიღმა - “ახალი ფიზიკა”, რომელიც გასცემს პასუხს იმ კითხვებს, რომელსაც ვერ პასუხობს SM. “ახალი ფიზიკის” არსებობის დადასტურებისა და შესაბამისი თეორიების შემოწმების ერთ-ერთი საშუალებაა ლეპტონური რიცხვის, ან ლეპტონური არომატის შენახვის კანონის დარღვევის შემოწმება, რომელიც დღემდე დამზერილი არაა დამუხტული ლეპტონებისათვის - დამზერილი არაა გადასვლა $\mu^- \to e^-$ ნეიტრინოების გარეშე. ასეთი პროცესის დასაკვირვებლად საჭიროა დიდი ინტენსიობის μ-მიუონების ნაკადები, რომლებიც მიიღებიან იაპონიაში (ცუკუბა) J-PARC (Japan Particles Accelerator Complex), KEK-ის (High Energy Accelerator Research Organization) ამაჩქარებელზე. ამ ამაჩქარებელზე ჩატარდება საერთაშორისო ექსპერიმენტი, რომელიც COMET-Cohernt Muon to Electron Trasition, რომლის მიზანია “ახალი ფიზიკის” ($\mu^- \to e^-$ გადასვლა) დაკვირვება.

დოქტორანტებს გაცნობითი სახის ლექციებს წაუკითხავენ მსოფლიოს სხვადასხვა წამყვან სამეცნიერო ცენტრში მომუშავე სპეციალისტები.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი)

1. მაგნიტურ ველში მოთავსებული გრაფენის ტიპის ორ-განზომილებიანი მესერების კვლევა დაბალგანზომილებიანი კვანტური ველების თეორიისა და მათემატიკური ფიზიკის მეთოდების გამოყენებით
2. გრაფენის ტოპოლოგიური თვისებები და ანომალური ჰოლის ეფექტი
3. ATLAS ექსპერიმენტის ფიზიკური პროგრამის ფარგლებში ტოპ კვარკის ფიზიკაში კვლევები. ATLAS ექსპერიმენტის ტაილ კალორიმეტრის მახასიათებლების დადგენა, მისი ყოფაქცევისა და სტაბილურობის ანალიზი.
4. სპინის ფიზიკა; ნუკლონ-ნუკლონური ურთიერთქმედების ექსპერიმენტული კვლევა; დამუხტული ნაწილაკების ელექტრული დიპოლური მომენტის ძიება.
5. ლეპტონური არომატის დარღვევის შესწავლა ექსპერიმენტ COMET-ში.

მოდული 1.3 პროგრამა მოიცავს პლაზმის ფიზიკის თანამედროვე აქტუალურ ამოცანებს. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ფერმის გაზის ძლიერ მაგნიტურ ველში დინამიკის მოდელი. სრულიად შეუსწავლელია ძლიერი მაგნიტური ველის არსებობისას როგორ იცვლება ჩანდრასეკარის კრიტერიუმი. არსებობს შესაძლებლობა იმისა, რომ ძლიერი მაგნიტური ველი შეცვლის გარემოს თვისებებს და ამის ბაზაზე წარმოიქმნება კვაზინაწილაკები. ლაბორატორიის პირობებში ძლიერი მაგნიტური ველის არსებობის დროს იქმნება ახალი ქვანტური ნანოსტრუქტურები, რომელთა შესწავლა საბოლოოდ მიგვიყვანს ახალი ტექნოლოგიის შექმნის შესაძლებლობამდე. ძირითადი შესწავლის ობიექტი ასევე იქნება

გადაგვარებული ფერმის პლაზმის, გამტარებისა და ნახევარგამტარების კოლექტიური პროცესების შეწავლა, წრფივი და არაწრფივი სტრუქტურების გენერირების მექანიზმების დადგენა. ძალიან მნიშნელოვანია ნეიტრალურ ფერმის სითხეებში არაწრფივი მოვლენების შესწავლა. კერძოდ, He^3–ის ფერმის სითხეში დინამიური პროცესების შესწავლა. დღეისთვის ზემოთ ჩამოთვლილი პრობლემებოს კვლევის მიზანია არა მარტო ფიზიკური მოვლენების შეწავლა, არამედ ახალი მასალების შექმნის შესაძლებლობა. აღსანიშნავია, რომ ჩვენს მიერ გამოყვანილია ახალი კვანტური კინეტიკური განტოლება ასეთი მოვლენების აღსაწერად.

ბოლო წლებში დიდი ინტენსივობის კომპაქტური ლაზერების შექმნამ (ემ ველის ინტენსივობა $\geq 10^{22}$ ვტ/სმ^2) განაპირობა ის, რომ ასეთი ველების ზემოქმედების შედეგად გარემოში მყოფი ელექტრონების მოძრაობა რელატივისტურია, ასევე ასეთი ინტენსივობის რადიაციის პლაზმაზე ზემოქმედების შედეგად ხდება სპექტრის მნიშვნელოვანი გაგანიერება. ამ შემთხვევაში ემ ველი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ფოტონთა გაზი, რომლის სიმკვრივე $\approx 10^{30}$სმ$^{-3}$. პლაზმაში ფოტონთა გაზი ნაწილაკების ერთობლიობაა და ფოტონი პლაზმაში ისე იქცევა, როგორც ნებისმიერი მატერიალური ნაწილაკი. ამიტომ ფოტონს პლაზმაში აქვს უძრაობის მასა. ფოტონთა გაზის პლაზმაში მოძრაობის აღსაწერად, ჩვენს მიერ მიღებული იქნა ახალი კინეტიკური განტოლება. ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ ფოტონთა გაზის პლაზმასთან ურთიერთქმედებისას, გარდა განივი ფოტონებისა, იბადება ახალი ტიპის ფოტონები, ე. ი. იბადებიან გასწვრივი ფოტონები (ფოტონიკო). ფოტონთა გაზი-ძლიერი პლაზმა სისტემისათვის დაუმუშავებელია სხვადასხვა საკითხები, მაგალითად, საჭიროა შეიქმნას გასწვრივი ფოტონური გაზის წრფივი და არაწრფივი ტალღების გავრცელების თეორია, არაწრფივი სტრუქტურების თეორია. ასტროფიზიკური ობიექტების შესწავლამ დაგვანახა, რომ რელატივისტური ინტენსივობების მონოქრომატული ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებით გარემოს თვისებები რადიკალურად იცვლება. ასეთივე სიტუაციაა ზემძლავრი ლაზერის გარემოსთან ურთიერთქმედების დროს. დღემდე რჩება უამრავი გამოსაკვლევი პრობლემა, როგორიც არის: ფილამენტების წარმოშობის მექანიზმის გაგება, ორ- და სამ-განზომილებიანი არაწრფივი სტრუქტურების შესწავლა, მაგნიტური ველის გენერაცია, გრიგლების წარმოშობის მიზეზების გარკვევა და მათი საშუალებით ელექტრონების აჩქარება.

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიზანია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი, მაღალი კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტების მომზადება პლაზმის ფიზიკაში. ამ პროცესში, პირველ რიგში გათვალისწინებული იქნება საქართველოში აღმოცენებული იმ სამეცნიერო სკოლების გამოცდილება (თსუ, ანდრონიკაშილის ფიზიკის ინსტიტუტი), რომელთა წვლილიც აღიარებულია საერთაშორისო დონეზე და პრიორიტეტულ ხასიათს ატარებს. კვლევების დროს აქცენტირება გაკეთდება ახალგაზრდა სპეციალისტისათვის რიცხვითი თვლების წარმოების ჩვევების ჩამოყალიბებაზე, რათა გარდა მოცემული სპეციალობისა დახელოვნდეს სხვადასხვა ტიპის რიცხვითი თვლების კეთებაში.

პროგრამის ამ მოდულის სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებებია (120 კრედიტი):

1. კოლექტიური პროცესების შესწავლა კვანტურ პლაზმასა და ფერმის ნეიტრალურ სითხეებში.
2. გასწვრივი ფოტონური გაზის წრფივი და არაწრფივი ტალღების გავრცელების თეორია.
3. მძლავრი მაგნიტური ველებისა და გრიგალური სტრუქტურების გენერაცია პლაზმაში - თეორია და მოდელირება

მოდული 1.4 უახლესი ასტროფიზიკური დაკვირვებებიდან ცხადი ხდება, რომ ის განზოგადოებული მოდელები, რომლებშიც ასტროფიზიკური დინებები (და მათი ურთიერთქმედებები მაგნიტურ ველთან, როდესაც ასევე ჩართულია ბრუნვითი და სტრატიფიკაციის ეფექტები) მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ვარსკვლავთა/ასტროფიზიკური დისკების ატმოსფეროებში მიმდინარე წყნარი

(გაცხელება/სტრუქტურების ფორმირება/დინების აჩქარება) და ასევე მოულოდნელი (მძლავრი, ფეთქებადი) მოვლენების ასახსნელად. დინებების და წანაწვლებით-ინდუცირებული მოდების ბმების კავშირი ენერგიის ტრანსფორმაციებთან, ისევე როგორც რეგულარული სტრუქტურების ფორმირებასთან, ასტროფიზიკურ პირობებში საკმარისად პირდაპირია. მძლავრი მაგნიტური და სიჩქარის ველების გენერირების ამოცანები ასევე პირდაპირ კავშირშია ვარსკვლავთა თუ დისკების ატმოსფეროების, თვით ასტროფიზიკური დისკებისა და ჭავლების (ჯეტების) მრავალმასშტაბიანი დინამიკის სპეციფიურ - ტრანზიენტული ენერგიის ტრანსფორმაციების - პროცესებთან. ამ მოვლენების აღსაწერად საჭიროა შესაბამისი, დროზე დამოკიდებულლი, დისიპაციური 3-განზომილებიანი განხილვები და მათი რიცხვითი მეთოდებით შესწავლა, სიმულაციური ექსპერიმენტების ჩატარება რეალისტური დაკვირვებითი მასალების აღსადგენად.

ამ მოდულის ძირითადი სამეცნიერო ამოცანებია მაგნიტო-სითხური და ტალღური ბმების განზოგადოებული მოდელის დეტალური ანალიზური და რიცხვითი კვლევა ენერგიის გარდაქმნის პროცესებისათვის სხვადასხვა ასტროფიზიკურ გარემოებში; გრიგალურ და წანაცვლებით-ინდუცირებულ არაწრფივ მოვლენებს, ასევე ბრუნვით და მრავალ-მასშტაბიან ეფექტებს, წანაცვლებით-ტურბულენტურ ეფექტებს ენიჭებათ გადამწყვეტი როლი ამ გარდაქმნებში, რათა საბოლოოდ გამოვლინდენ დიდ-მასშტაბიანი ველების და რეგულარული სტრუქტურების ფორმირების, დინების აჩქარებისა და გაცხელების სახით. შესაბამისად, პროგრამით გათვალისწინებული კვლევების დროს აქცენტირება გაკეთდება ახალგაზრდა სპეციალისტებისათვის რიცხვითი თვლების წარმოების ჩვევების ჩამოყალიბებაზე, რათა გარდა მოცემული ფიზიკის სპეციალობისა ისინი ასევე დახელოვდნენ სხვადასხვა ტიპის რიცხვითი თველბის კეთებაში.

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიზანია: საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტის მომზადება თეორიული ასტროფიზიკის ფართო სპექტრის მიმართულებებით.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

1. დიდ-მასშტაბიანი ველების და რეგულარული სტრუქტურების ფორმირება ასტროფიზიკურ გარემოებში.
2. ასტროფიზიკური დინებით ინდუცირებული გრიგალობისა და ტალღების ბმების მოვლენები დისკი-ჭავლი (ჯეტი) სისტემებში.
3. ვარსკვლავთა ატმოსფეროების მრავალმასშტაბიანი დინამიკა.

მოდული 1.5 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. უკანასკნელი ორი ათეული წლის განმავლობაში მრავალი ახალი მასალა იქნა აღმოჩენილი კონდენსირებული გარემოს ფიზიკაში. ამ მასალებს გააჩნიათ ძალიან საინტერესო, ადრე უცნობი ელექტრონული თვისებები, რომლებიც ცვლიან ჩვენს ფუნდამნტურ წამოდგენებს კონდენსირებული გარემოს შესახებ. ახალ მასალათა შორის განსაკუთრებით საყურადღებოა მაგალითად მაღალტემპერატურული ზეგამტარები, კოლოსალური მაგნიტური წინაღობის მქონე მასალები, ნანომაგნიტიკები და მაგნიტურად განზავებული ნახევარგამტარები. ეს მასალები, რომლებიც შემოთავაზებული კვლევის ობიექტებს წარმოადგენენ, მძლავრ ბიძგს მისცემენ მომავლის ტექნოლოგიების განვითარებას, ავლენენ რა გამოყენებისათვის მნიშვნელოვან პოტენციალს. ისინი უკვე იმკვიდრებენ საკუთარ ადგილს მნიშვნელოვან სფეროებში: მაღალტემპერატურული ზეგამტარები გამოიყენება ელექტრული დენის გადაცემისათვის უაღრესად მცირე დანაკარგებით, კოლოსალური მაგნიტური წინაღობის

მქონე მასალები გამოიყენება ახალი თაობის მაგნიტური მეხსიერების მოწყობილობებში, ხოლო განზავებული მაგნიტური ნახევარგამტარები გამოცდას გადიან თანამედროვე ელექტრონიკაში, როგორც სპინზე დაფუძნებული ელექტრონული მოწყობილობები (სპინტრონიკა).

XXI საუკუნეში მეცნიერებს საქმე აქვთ ნანოზომების (ანგსტრემის რიგის) მქონე ობიექტებთან. მყარი სხეულების კრისტალოგრაფიული და მაგნიტური თვისებები დამოკიდებულია მათ მიკროსტრუქტურაზე და ზომებზე, ამიტომ მოცულობითი სხეულიდან ნანოზომის ნიმუშებზე გადასლისას ადგილი აქვს სრულიად ახალი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების ფორმირებას.

წარმოდგენილი მოდულის სადოქტორო პროგრამა მოიცავს კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის მიმართულებების ფართო სპექტრს. ძირითადი აქცენტები გაკეთდება თანამედროვე მასალების ექსპერიმენტულ და თეორიულ შესწავლაზე, დოქტორანტებისთვის კვლევების უახლესი მეთოდების ათვისებაზე. პროგრამის ხელმძღვანელების ფართო საერთაშორისო კონტაქტები საშუალებას აძლევენ დოქტორანტებს მონაწილეობა მიიღონ ექსპერიმენტებში როგორც თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში ასევე უცხოეთის წამყვან ცენტრებში.

კვლევის ძირითადი მიმართულებებია ზეგამტარობა, მაგნეტიზმი, ზემაღალსიხშირული ფიზიკა და ტექნიკა, ნანოტექნოლოგიები, მაგნიტორეზონანსური მოვლენები. ასევე მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის მძლავრი ექსპერიმენტული მეთოდების გამოყენებას ისეთ დარგებში როგორიცაა ეკოლოგია და არქეოლოგია.

- პროგრამის ფარგლებში სამეცნიერო კვლევები (ექსპერიმენტები) დაგეგმილია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა 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: საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი მაღალი კვალიფიკაციის სპეციალისტის მომზადება კონდენსირებული ფიზიკის მიმართულებით.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

1. მაგნიტური ოქსიდების და ნახევარგამტარების დაბალგანზომილებიანი სტრუქტურები.
2. მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა.
3. მაგნეტიზმი.
4. სპინტრონიკა.
5. 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 კაბშირგაბმულობის ქსელების შექმნა და სხვა. ნანოელექტრონიკა წარმოადგენს მიკროელექტრონიკის ლოგიკურ გაგრძელებას. მყარ სხეულოვანი საინფორმაციო ხელსაწყოები შემცირდნენ მიკროდან (10-6 მ) ნანო (10-9მ) ზომამდე. ნანოელექტრონიკაში ელემენტების ტიპიური ზომები შეადგენენ 10 – 100 ნმ-ს. მყარსხეულოვანი ელექტრონული ხელსაწყოს ზომის ნანომეტრული უბნის 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 კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტების მომზადება მიკრო და ნანოელექტრონიკაში. ამისათვის პირველ რიგში გამოყენებულ იქნება საქართველოში ამ მიმართულებით არსებული სკოლის გამოცდილება, რომელიც აღიარებულია საერთაშორისო დონეზე.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

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

<u>კვლევის მიზანია:</u> 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 GAS-ზე ერთ საფენზე და ერთ ტექნოლოგიურ პროცესში მიღებული ნორმალურად ღია და ნორმალურად დახურული ველის ტრანზისტორები.

2. იონური ლეგირების პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები:

დიფუზირი პროცესები მიმდინარეობს მაღალ (~11500C) ტემპერატურაზე, რაც იწვევს ზემოთჩამოთვლილ უარყოფით ეფექტებს, აუარესებს მიღებული ხელსაწყოს პარამეტრებს და ამცირებს საიმედოვნებას. იონური ლეგირების პროცესის შესწავლა, როგორც თეორიუ-ლად, ასევე პრაქტიკულად უაღრესად აქტუალურია. ლეგირების შედაგად წარმოქმნილი რადიაციული დეფექტების გამოწვის პროცესების შესწავლა მოხდება არატრადიციული მეთოდებით. მაღალ ტემპერატურული გამოწვების 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.

<u>კვლევის მიზანია:</u> აარონოვ-ბომის ეფექტზე შექმნილი ინტერფერენციული ტრანზისტორი წარმოადგენს ნორმალურად დახურული ველის ტრანზისტორის ანალოგს. ინტერ-ფერენციული ტრანზისტორის ჩამკეტის მოპირდაპირე ნახევარწრეზე განსაზღვრული პერიოდის გოფრირებული ზედაპირის ფორმირებისას, ჩამკეტზე ძაბვის მოდების გარეშეც, მათში შეიქმნება ფერმის ენერგიებს შორის სხვაობა და მიიღება ტრანზისტორის გამოსავალზე ინტერფერენცია. ჩამკეტზე ძაბვის სიდიდის და ნიშნის მიხედვით შესაძლებელია ინტერფერენვიის ჩაქრობა ან გაძლიერება. ასეთი ტრანზისტორი ნორმალურად ღიაა, რომელიც წარმოადგენს კვლევის მიზანს. კონფორმული ზედაპირები შესაძლებელია მაღალეფექტური თერმოელექტრული გარდამქმნელებისა და გამაცივებლების შესაქმნელად. კონფორმული ზედაპირების გამოყენებით დიდ ფართზე გაზრდის ბალისტიკური დიოდის (პირველად შექმნა 1მმ^2 ფართზე ნობელის პრემიის ლაურიატმა ლეო ესაკიმ) მახასიათებლებს.

მოდული 1.7 კომპიუტერულმა მოდელირებამ ფეხი მოიკიდა თანამედროვე მოღვაწეობის 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 დაეუფლოს ფიზიკური პროცესების მათემატიკურ მოდელირებას, სათანადო ალგორითმისა და კომპიუტერული პროგრამის შექმნას, მათ ვიზუალიზაციას და რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარებას საუკეთესო პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით. გააღრმაოს თავისი ცოდნა როგორც ფიზიკაში, ასევე კომპიუტერულ ტექნოლოგიებში. გამოიმუშაოს სამეცნიერო მუშაობის უნარ-ჩვევები.

პროგრამის ამ მოდულის სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებებია (120 კრედიტი):

1. ელექტრომაგნიტური და სითბური ამოცანების მოდელირება.
2. გეოფიზიკური ამოცანების მოდელირება.

მოდული 1.8 როგოც წესი "არაწრფივი მოვლენების ფიზიკის" ინტერესის სფეროში, გამომდინარე იქიდან თუ სად იჩენს არაწრფივობა თავს, თანამადროვე ფიზიკის ხან ერთი ხან მეორე აქტუალური მიმართულება ხვდება. ბოლო წლების განმავლობაში ასეთი მიმართულებებია კვანტური ქაოსი და მისი გამოვლინება სხვადასხვა სახის არაწრფივ გარემოში, არაწრფივი პროცესები ნანოსტრუქტურებში. სულ ბოლო პერიოდში კი ჩვენი ინტერესი შეჩერდა არაურთიერთქმედი მაგნიტური ნანონაწილაკებისაგან შედგენილ მაკროსისტემებზე, რომლებიც მრავალფეროვანი კალორიული და მაგნიტოკალორიული თვისებებით ხასიათდებიან. ეს მრავალფეროვნება გამოწვეულია იმ შინაგანი მაგნიტური ანიზოტროპიით, რომლითაც მაგნიტური ნანონაწილაკი ხასიათდება და რომელიც არაწრფივ ხასიათს ატარებს. უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი თემატიკა ამავდროულად განეკუთვნება ფიზიკის სხვა მიმართულებებსაც, როგორებიცაა "მაგნეტიზმის ფიზიკა" და "ნანოტექნოლოგიურ კვლევები".

წინასწარი გამოკვლევის საფუძველზე გაირკვა, რომ აღნიშნული მიმართულებით კვლევა იშვიათი სპეცფუნქციების გამოყენებასთან არის დაკავშირებული. ამიტომ დოქტორანტისაგან, წინაპირობის სახით ფუნდამენტური ფიზიკის მაგისტრატურის კურსით გათვალისწინებული ცოდნის გარდა, თეორიული ფიზიკის და მათფიზიკის საფუძვლიან ცოდნასაც მოითხოვს.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

1. ბრუნვითი იზომერიზაციის გამოკვლევა ჰილ-შრედინგერის განტოლების საფუძველზე (ხელმძღვანელი სრული პროფ ა. უგულავა).
2. ორი ბმული არაწრფივი ნანო-ელექტრომექანიკური ვიბრატორის რხევითი მახასიათებლების სრული გამოკვლევა (ხელმძღვანელი სრული პროფ ა. უგულავა).
3. სუპერპარამაგნიტური მაკროსისტემების კალორიული და მაგნიტოკალორიული თვისებების თეორიული გამოკვლევა (ხელმძღვანელი სრული პროფ ა. უგულავა) .
4. ლოკალიზებული არაწრფივი ტალღები ოპტიკურ და მაგნიტურ ნანოსტრუქტურებში (ხელმძღვანელი ასოც. პროფ. რ. ხომერიკი)

მოდული 1.9 თანამედროვე ატომური ფიზიკის პერსპექტიულ და სწრაფად განვითარებად მიმართულებას წარმოადგენს ატომური ნაწილაკების (ელექტრონები, ფოტონები, ატომები, მოლეკულები და მათი იონები) დაჯახებისას მიმდინარე არადრეკადი პროცესების შესწავლა. ამ პროცესების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს მეცნიერებისა

და ტექნიკის მრავალი დარგის განვითარებისათვის. ასე მაგალითად, პლაზმის ფიზიკისა და ქიმიის, ატმოსფეროს ზედა ფენების ფიზიკის, ასტროფიზიკის, ლაზერული ტექნიკის და ა. შ. განვითარება წარმოუდგენელია ატომური ნაწილაკების დაჯახებისას მიმდინარე ელემენტარული პროცესების შესწავლის გარეშე.

ცნობილია, რომ იონიზაციის პროცესებში ძირითადი წვლილი შეაქვს ერთჯერად და ორჯერად იონიზაციას. ელექტრონული დარტყმით გამოწვეული ერთჯერადი პროცესები ანუ, როგორც მათ ხშირად უწოდებენ, (e,2e) პროცესები საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი როგორც ექსპერიმენტული, ისე თეორიული თვალსაზრისით. ამჟამად, (e,2e) პროცესებთან ერთად დღის წესრიგში დგას ორჯერადი იონიზაციის ანუ (e,3e) პროცესების შესწავლა. ამ მიმართულებას განსაკუთრებული სტიმული მისცა ექსპერიმენტული ტექნიკის განვითარებამ. კერძოდ, უკანასკნელ ათ წელიწადში შეიქმნა დეტექტორთა ახალი კლასი, დაიხვეწა თანხვედრის სქემების გამოყენების მეთოდები, რამაც შესაძლებელი გახადა პრეციზიული გაზომვების ჩატარება სხვადასხვა სამიზნეების გამოყენებით.

ელექტრონული დარტყმით ატომებისა და იონების ორჯერადი იონიზაციის თეორიული შესწავლა რთულ მატემატიკურ ამოცანას წარმოადგენს. მისი გადაჭრა დაკავშირებულია მრავალი სხეულის პრობლემასთან და მოითხოვს ელექტრონული კორელაციების გათვალისწინებას როგორც საწყის, ასევე საბოლოო მდგომარეობაში, აგრეთვე , იონიზაციის სხვადასხვა მექანიზმის მხედველობაში მიღებას.

სხვა დანარჩენ სამიზნეებს შორის ორელექტრონიანი ატომური ნაწილაკები, კერძოდ, ჰელიუმის ატომი და ჰელიუმისმაგვერი იონები წარმოადგენენ იდეალურ და უმარტივეს ობიექტებს ორჯერადი იონიზაციის პროცესების შესასწავლად. მათი მარტივი სტრუქტურა განაპირობებს საწყისი და საბოლოო მდგომარეობების აღმწერი ტალღური ფუნქციების შედარებით სიმარტივეს. მიუხედავად ამისა, ჰელიუმის ატომის ორჯერადი იონიზაციის პროცესების თეორიული შესწავლა, განსაკუთრებით საშუალო და დაბალ ენერგეტიკულ არეში, მოითხოვს ხანგრძლივი და შრომატევადი გამოთვლების ჩატარებას სწრაფადმთვლელ გამომთვლელ მანქანაზე.

ჩვენს მიერ შემუშავდა ვარიაციულ პრინციპზე დაფუძნებული ეფექტური მუხტების მიახლოების მეთოდი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მნიშვნელოვნად გავამარტივოთ გამოთვლები, შევამციროთ რიცხვითი გამოთვლების დრო და იმავდროულად მივიღოთ კორექტული შედეგები. აღნიშნული მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია ელექტრონული დარტყმით გამოწვეული მრავალელექტრონიანი სამიზნეების ერთჯერადი, ორჯერადი და მრავალჯერადი იონიზაციის შესასწავლად.

მეორე თემა, რომელიც ჩვენ შეგვიძლია შევთავაზოთ დოქტორანტს დაკავშირებულია ორი მძიმე ნაწილაკის (ატომები და მათი იონები) დაჯახებისას მიმდინარე არადრეკადი პროცესების შესწავლასთან. ცნობილია, რომ ორი ნელი ატომის გაჯახებისას სწრაფად მოძრავი ელექტრონები ასწრებენ შეეგუონ ბირთვების ნელი მოძრაობით გამოწვეული ველის ცვლილებას. ამის გამო დამჯახებელი სისტემის განვითარებას აქვს ადიაბატური ხასიათი. ერთი თერმიდან მეორეზე გადასვლის ალბათობა მცირეა, გარდა იმ არეებისა, სადაც თერმები ერთმანეთს უახლოვდებიან ან ერწყმიან. ასეთ არეებში მიმდინარე არაადიაბატური ელექტრონული გადასვლების თეორიული შესწავლა მოითხოვს დამჯახებელი ნაწილაკების მიერ დაჯახების დროს შექმნილი კვაზიმოლეკულის ტალღური ფუნქციებისა და ენერგეტიკული თერმების ცოდნას.

ჩვენს მიერ დამუშავდა ორატომიანი კვაზიმოლეკულის ტალღური ფუნქციებისა და ენერგეტიკული თერმების გამოთვლის შედარებით მარტივი, ადვილად რეალიზებადი და ნათელი ფიზიკური აზრის მქონე მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ე.წ. კულონური სფეროიდალური ბაზისის გამოყენებას. ანიშნული მეთოდი საშუალებას გვაძლევს მაღალი სიზუსტით გამოვითვალოთ მსუბუქი ორატომიანი მოლეკულების ენერგეტიკული თერმები და ტალური ფუნქციები ბირთვებშორისი მანძილის ფართო არეში.

პროგრამის ამ მოდულის ძირითადი მიზანია: საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი მაღალი კვალიფიკაციის მქონე სპეციალისტის მომზადება ატომურ ნაწილაკთა დაჯახების თეორიაში.

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

1. ჰელიუმის ატომის ორჯერადი იონიზაცია ელექტრონებით
   (ხელმძღვანელები: სრული პროფ. თ. კერესელიძე, ასოც. პროფ. ზაალ მაჭავარიანი);
2. მრავალელექტრონიანი ატომების ორჯერადი იონიზაცია ელექტრონებით
   (ხელმძღვანელები: სრული პროფ. თ. კერესელიძე, ასოც. პროფ. ზაალ მაჭავარიანი);
3. ჰელიუმის ატომის აგზნება-იონიზაცია ელექტრონებით
   (ხელმძღვანელები: სრული პროფ. თ. კერესელიძე, ასოც. პროფ. ზაალ მაჭავარიანი);
4. ორატომიანი მოლეკულების მახასიათებელი პარამეტრების გამოთვლა კულონურ სფეროიდალურ ბაზისში
   (ხელმძღვანელი: სრული პროფ. თ. კერესელიძე).

მოდული 1.10 პროგრამა ეხება ბიოპოლიმერების (დნმ, ცილები), მათი კომპლექსების (მაგალითად ბაქტერიოფაგები) ბიოფიზიკურ კვლევებს, ისევე როგორც გათვალისწინებულია მიკრობების გამრავლების სიჩქარეზე სხვადასხვა ტიპის ფაქტორების (ე.წ. ანტიმიკრობული აგენტების) მოქმედების მექანიზმების დადგენა. შესასწავლი ობიექტები თავისი ბუნებით არის რთული აგებულების და მათი რთული შემადგენლობიდან გამომდინარე მათი სივრცული სტრუქტურაც მრავალფეროვანია პროგრამაში ყოველთვის ხაზგასმული იქნება. ასევე აღსანიშნავია, რომ ბიო-ობიექტებისათვის დამახასიათებელი მრავალფეროვანი სივრცული სტრუქტურული ორგანიზების და მისი დინამიზმის ცოდნა არის მეტად მნიშვნელოვანი, რაც პროგრამაში არის ასახული. პროგრამა განსაკუთრებულ მნიშვნელობას ანიჭებს სტრუქტურული ცვლილების მექანიზმების განსაზღვრას და სრულფასოვნად შესწავლას თეორიული კვლევების ჩათვლით.

პროგრამის მიზანია ისეთ აქტუალური და მნიშვნელოვანი ობიექტების შესწავლა, როგორიცაა ნანონაწილაკები, რომლებიც უნდა იყოს გამოყენებადი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების, წამლების მიზნობრივად დაავადებულ ქსოვილთან (უჯრედთან) მიტანაში. პროგრამა ასევე ითვალისწინებს დღეს არსებულ წამყვან ნანოტექნოლოგიის დანერგვას, რომლის დროსაც უნდა შეიქმნას ეფექტური ნანონაწილაკები.

პროგრამის მიხედვით გათვალისწინებულია ბიონანონაწილაკების კვლევებში გამოყებული იყოს არა მარტო ფიზიკის და ბიოლოგის, არამედ ქიმიური, მათემატიკური მეთოდების მიდგომები, რაც უდავოდ დააჩქარებს კვლევების დროს წარმოქმნილ ბევრ პრობლემის სწრაფ და ეფექტურ გადაწყვეტას.

გათვალისწინებულია ელექტროპარამაგნიტური რეზონანსული მეთოდის გამოყენება სხვადასხვა წარმომავლობის, მათ შორის როგორც დაავადებებისთვის დამახასიათებელი, ასევე დიაგნოსტიკური სახის კვლევები. ასევე ხაზგასასმელია, რომ პროგრამით გათვალისწინებულია ეპრ მეთოდის და ფოტობიოლოგიურ მეთოდის ერთობრივი გამოყენება, ისევე როგორც შესაძლებელია ქართული ღვინის უნიკალური თვისებების გამოვლენა მოხდეს ეპრ მეთოდის გამოყენებით.

პროგრამა ასევე იძლევა საშუალებვას მოხდეს სტუდენტის მომზადება თეორიული ბიოფიზიკის კუთხითაც, რისთვისაც მათ წაეკითხებათ ლექციები სტატისტიკური ფიზიკის და ფაზური გადასვლის თერმოდინამიკის მეთოდების გამოყენების მიზნით.

- დოქტორანტებს ლექციებს წაუკითხავენ მსოფლიოს სხვადასხვა წამყვან სამეცნიერო ცენტრში მოღვაწე ქართველი და სომეხი სპეციალისტები
- სასწავლო კურსების ჩატარება იგეგმება თბილისში ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ბაზაზე (მე-2 და მე11 კორპუსი). ასევე შესაძლებელია სწავლა განხორციელდეს ერევნის სახელმწიფო უნივერსიტეტშიც.

- სწავლება იწარმოებს ქართულ ენაზე. დასაშვებია ასევე სწავლება წარიმართოს ინგლისურ და რუსულ ენებზეც (შეთანხმების საფუძველზე).

ამ მოდულის შემოთავაზებული სამეცნიერო-კვლევითი მიმართულებები/თემები (120 კრედიტი):

- <u>ბიოლოგიური ობიექტების მოწესრიგებული სივრცული სტრუქტურის კვლევები.</u>
  გაცნობიერება იმისა, რომ ბიომოლეკულების სტრუქტურით განისაზღვრება მისი ფუნქცია და პირიქით - ბიოლოგიური მოლეკულის ფუნქცია განისაზღვრება მოლეკულის სტრუქტურით. ასეთ კვლევებში გამოყენებული იქნება ფიზიკის, ბიოლოგიის, ქიმიის თეორიული მიდგომები.
- <u>ცილის მიერ დნმ-ის უბნის გამოცნობა</u>
  შესაძლებელია ჩამოყალიბდეს ცილის მიერ დნმ-ის გარკვეული უბნის ამოცნობის მოდელი, რომელიც ჩვენი აზრით გამოიხატება იმაში, რომ ამომცნობი ცილის სტრუქტურაში უნდა არსებობდეს მჟავე და ტუტე ამინომჟავეებით გამდიდრებული უბანები, რომელთა მონაწილეობა ხელს უწყობს დნმ-ის ლოკალური უბანების ამოცნობას, უნდა ხდებობეს დნმ-ის ჯაჭვების განცალკევება და დახურვა, რაც მოლეკულის გამორჩეულ უბანს შემდგომი (გენეტიკური) აქტივობისთვის არის აუცილებელი.
- <u>ბაქტერიების გამრავლების პროცესების კვლევები</u>
  ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნა ახალი მეთოდი, რომელსაც საფუძვლად დაედო თხევად საკვებ არეში ბაქტერიების გამრავლების პროცესის თანხმლები ეფექტი, რაც გამოიხატება ბაქტერიების გამრავლებისას სითხის გაუმჭვირვალობის წარმოქმნის დამზერაში (ტურბიდიმეტრი).
  ხელსაწყო ითვალისწინებს ბაქტერიების გამრავლების პროცესში ე.წ. შემრევი მოწყობილობის არსებობას, სადაც შესაძლებელია მოხდეს საკვებ არეში ჩვენთვის საინტერესო ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების (წამლების) შერევა. გათვალისწინებულია, რომ დანადგარი შეიძლება გამოყენებული იყოს არა მარტო ბაქტერიულ უჯრედების შემთხვევაში, არამედ შესაძლებელია ზოგიერთი, ჩვენთვის საინტერესო ცოცხალ უჯრედების გამრავლების პროცესზე დასაკვირვებლადაც კი.
- <u>ბაქტერიოფაგების კვლევა</u>
  ბოლო პერიოდში დიდი ინტენსივობით მიმდინარეობს ანტიბიოტიკისაგან განსხვავებული ახალი საშუალებების ძიება, რომლებიც იქნება უფრო ეფექტური ბაქტერიებთან საბრძოლველად და რომლისთვისაც სულ ერთი იქნება ბაქტერიების მუტაციით გამოწვეული სირთულეები. ასეთ პერსპექტიულ საშუალებებს შორის განიხილავენ უკვე არსებულ ბიოლოგიურ ობიექტებს - ბაქტერიოფაგებს, რომლებიც ბუნებაში არსებობენ იმისთვის, რომ გაანადგურონ ბაქტერიები, მათ შორის საშიშნიც. ამიტომ აუცილებელია, რომ გვქონდეს მაქსიმალურად სრული ინფორმაცია ბაქტერიოფაგების ფიზიკო-ბიოლოგიური თვისებების შესახებ და გარკვეული ვიყოთ იმ მექანიზმებში, რომლებიც მოქმედებს ბაქტერიულ უჯრედთან მისი ურთიერთქმედების დროს. ასეთი ინფორმაციის ქონა კი ცალსახად გვიჩვენებს ფაგების ბაქტერიების წინააღმდეგ საბრძოლველად გამოყენების ეფექტურობას. ბაქტერიული უჯრედის ულტრაბგერითი დეზინტეგრაციით განხორციელდება მემბრანული ფრაგმენტების მიღება, რომელთაც აქვთ შენარჩუნებული ბიოლოგიურად აქტიური რეცეფტორული სისტემა, რომლის მეშვეობითაც შესაძლ;ებელია დიდი სიზუსტით დავადგინოთ ფაგებით ბაქტერიის ინფიცირების ადრეული ეტაპების ბუნება.
- <u>წამლის გადამტანი ნანონაწილაკების კვლევა</u>
  ჩვენს მიზანს წარმოადგენს სხვადასხვა ტიპის და შემადგენლობის (ფოსფოლიპიდური ლიპოსომების DPPC, PLGA ნაწილაკები და სხვა) წამლის გადამტანი ნანონაწილაკების სტაბილობის დადგენა სხვადსხვა გარე პარამეტრების (ფიზიკური თუ ქიმიური) ზემოქმედებისას.
- <u>კვლევები ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის საფუძველზე</u>
  1) ბავშვთა თანდაყოლილი სიყვითლის და ჰიპერბილირუბინემიის მკურნალობისას ფოტოთერაპიით ბილირუბინის ფოტოდაჟანგვის რადიკალური პროდუქტების უვნებელყოფა აქტიური ანტიოქსიდანტების გამოყენებით, გვერდითი მოვლენების თავიდან ასაცილებლად.
  2) მელანინის ფოტოქიმია და კანის დაცვა ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან, კანის სხვადასხვა მძიმე დაავადების მათ შორის მელანომის განვითარების პრევენცისათვის.
  3) ღვინის ანტიოქსიდანტური აქტივობის და ძირითადი ანტიოქსიდანტური ნაერთების განსაზღვრა ეპრ და ქრომატოგრაფიული მეთოდების.
- <u>ბიოპოლიმერების სტრუქტურის სტატისთიკური ფიზიკის და თერმოდინამიკისკვლევებში არსებული თეორიული ფიზიკის მეთოდებით გამოყენება.</u>

ბიოპოლიმერებში ფაზური გადასვლები გამოიყენება მიღებული ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზისას.

პროგრამის შედეგი:

ა) **ცოდნა და გაცნობიერება** - ფიზიკის დარგის/ზემოთ ჩამონთვლლის 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" მოდულის 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 „ელემენტარული ნაწილაკების და კვანტური ველების" მოდულის ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება იქნება 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. ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის ექსპერიმენტის დოქტორანტებს დამატებით ექნებათ კომპიუტერული მოდელირების ფიზიკური და მათემატიკური საფუძვლების ცოდნა; რიცხვითი მეთოდებისა და პროგრამული ენების ცოდნა; რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარების უნარ-ჩვევები.მომავალ დოქტორს შეეძლება დასაქმდეს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე უცხოეთში.

მოდული 1.3 "პლაზმის ფიზიკის" მოდულის 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. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ.

მოდული 1.4 „ასტროფიზიკის" მოდულის 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

საერთაშორისო მოთხოვნების 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. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ.

მოდული 1.5 "კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის" მოდულის 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. სადოქტორო პროგრამის გავლისას, დოქტორანტი მიიღებს თანამედროვე ექპერიმენტის ჩატარებისათვის საჭირო ცოდნას და გამოცდილებას. ზემოთ განხილული დისციპლინების ცოდნა მნიშვნელოვნად წაადგება დოქტორანტს თავისი მეცნიერული მოღვაწეობისათვის.

მოდული 1.6 ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება უნდა იყოს ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც შეეძლება არა მარტო დამოუკიდებლად განაგრძოს სამეცნიერო მოღვაწეობა, არამედ იყოს კვალიფიკეციური 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. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ.

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;

მოდული 1.8 ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება უნდა იყოს ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც შეეძლება არა მარტო დამოუკიდებლად განაგრძოს სამეცნიერო მოღვაწეობა, არამედ იყოს კვალიფიკეციური 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 თეორიული გამოთვლები 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. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ.

მოდული 1.9 "ატომური და მოლეკულური ფიზიკის" მოდულის 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, რომელიც შეძლებს ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებს მაღალ დონეზე წაუკითხოს ლექციები. მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა განაგრძოს ფიზიკის მიმართულებით ნებისმიერ სამეცნიერო დაწესებულებაში როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთ.

მოდული 1.10 ფიზიკის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მქონე პიროვნება უნდა იყოს ჩამოყალიბებული მეცნიერი, რომელსაც ექნება საკმაო გამოცდილება იყოს მაღალი დონის მეცნიერი, როგორც ფიზიკის ასევე ბიოლოგიის მიმართულებით. დოქტორანტს შეეძლება არა მარტო დამოუკიდებლად განაგრძოს სამეცნიერო მოღვაწეობა, არამედ იყოს კვალიფიკეციური პედაგოგიც, როგორც ფიზიკის, ასევე ბიოლოგიის მიმართულებით. უნდა შეეძლოს ჩაუტაროს ლექციები ბაკალავრის და მაგისტრატურის სტუდენტებს პრაქტიკულ/სემინარები საკმაოდ მაღალ დონეზე. უნდა შეეძლოს აწარმოოს სამეცნიერო კვლევები, გამოაქვეყნოს სამეცნიერო პუბლიკაციებიმათ შორის მაღალ რეიტინგიან საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში, შეეძლოს მონაწილეობა მიიღოს სხვადასხვა სახის საერთაშორისო პროგრამებში საზღვარგარეთის სასწავლო/სამეცნიერო ცენტრებთან ერთობლივად.

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.

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.

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

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

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

დარგობრივი ცოდნის თანამედროვე მიღწევებზე დამყარებული ცოდნის საფუძლები:
დოქტორანტმა, უნდა წარმოადგინოს სასემინარო მოხსენება ***ფიზიკის*** იმ აქტუალურ საკითხებზე, რომელიც მის სამეცნიერო თემასთან პირდაპირ კავშირშია, ასევე მისი თემის შემადგენელი

სამეცნიერო პრობლემის კვლევის თანამედროვე მდგომარეობაზე, ამასთან დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომი არ უნდა იყოს დისერტაციის შემადგენელი ნაწილი. გამომდინარე აქედან, შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ დოქტორანტი სასემინარო თემის მომზადების დროს ეცნობა ფიზიკაში (თეორიული ფიზიკა / ნაწილაკების ფიზიკა / პლაზმის ფიზიკა / ასტროფიზიკა / კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / მიკრო და ნანოელექტრონიკა / გამოყენებითი ელექტროდინამიკა და რადიოტექნიკა /არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / ატომური და მოლეკულური ფიზიკა / ბიოფიზიკა) უახლეს მიღწევებს, რაც აძლევს მას შესაძლებლობას გაიფართოვოს არსებული ცოდნა, გამოიმუშავოს კვლევითი და ანალიტიკური მეთოდები და ახლებური მიდგომები, დამოუკიდებლად მიიღოს პრობლემის გადაჭრისათვის სწორი გადაწყვეტილება. მოხსენების შემდეგ სტუდენტი შეძლებს ჩაერთოს გამართულ დისკუსიაში და დასაბუთებულად მიაწოდოს თავისი აზრი სამეცნიერო საზოგადოებას. ყოველივე აღნიშნულის შედეგად სწავლის საწყისვე ეტაპზე მას შეიძლება გამოუმუშავდეს *შემდეგი კომპეტენციები:*

შესაბამისი სწავლის შედეგების რუკა

	კომპეტენციები
1	ცოდნა და გაცნობიერება
2	ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენების უნარი
3	დასკვნის უნარი
4	კომუნიკაციის უნარი
5	დასკვნის უნარი

7. კურსდამთავრებულთა დასაქმების სფეროები:

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

მოდული 1.2 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს მაღალი ენერგიების თეორიული და ექსპერიმენტული ფიზიკის მიმართულებების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში, საქმიანობაში რომელშიც ინტენსიურად იქნება გამოყენებული ანალიზური და რიცხვითი გამოთვლებითვლები, ასევე ინდუსტრიაში, სადაც თანამედროვე ტექნოლოგიები გამოიყენება.

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

მოდული 1.4 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს თეორიული ასტროფიზიკის მიმართულებების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში, საქმიანობაში რომელშიც ინტენსიურად იქნება გამოყენებული რიცხვითი თვლები.

მოდული 1.5 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში. ტელე-საკომუნიკაციო კომპანიებში, შეეძლება რადიოლოკაციური სისტემების მომსახურეობა შესაბამისი ტექნიკური უზრუნველყოფით.

მოდული 1.6 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს ელექტრონიკის, მიკრო და ნანოელექტრონიკის სამეცნიერო დაწესებულებში; 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.

მოდული 1.8 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს თეორიული ფიზიკის მიმართულებების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებებში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში, საქმიანობაში რომელშიც ინტენსიურად იქნება გამოყენებული რიცხვითი თვლები.

მოდული1.9 მომავალ დოქტორს შეეძლება მოღვაწეობა გააგრძელოს თეორიული და ექსპერიმენტული ფიზიკის მიმართულებების მქონე სამეცნიერო დაწესებულებაში, საგანმანათლებლო დაწესებულებებში, უმაღლეს სასწავლებლებში.

მოდული 1.10 ბიოფიზიკის მოდულის კურსდამთავრებულები შეიძლება დასაქმდნენ როგორც სახელმწიფო, ისე კერძო სამეცნიერო, საგანმანათლებლო, სამედიცინო დაწესებულებაში და სხვა დაწესებულებებში. სახელმწიფო დაწესებულებებში უპირველეს ყოვლისა, იგულისხმება - არსებულ სამეცნიერო დაწესებულებეში ბიოფიზიკის მიმართულებით მუშაობის დაწყება. საგანმანათლებლოში - უმაღლესი და საშუალო სკოლებში პედაგოგიური მოღვაწეობა. სამედიოცინო, ფარმაკოლოგიურ, ეკოლოგიური მიმართულების ლაბორატორიებში სამსახური და სხვა.

8. სადოქტორო პროგრამაზე მიღების წინაპირობები:

მოდული 1.1 - თეორიული ფიზიკა

(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(თეორიული ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.2 - ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა

(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.3 - პლაზმის ფიზიკა

(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(პლაზმის ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.4 - ასტროფიზიკა

(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(ასტროფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.5 - კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა

(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;

(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.6 - მიკრო- და ნანო-ელექტრონიკა
(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(მიკრო- და ნანო-ელექტრონიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.7 - გამოყენებითი ელექტროდინამიკა
(i) ფიზიკის ან მათემატიკის ან კომპიუტერული მეცნიერებების ან ელექტრონული ინჟინერიის მაგისტრი ან მათთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) <u>ფიზიკის მაგისტრის შემთხვევაში</u> - გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში (*გამოყენებითი ელექტროდინამიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე;

<u>სხვა დარგის მაგისტრის ხარისხის შემთხვევაში (i)-ში მითითებული ჩამონათვალიდან:</u>
- მეცნიერების/საბუნებისმეტყველო მეცნიერების ბაკალავრის ხარისხი ფიზიკაში ან დამატებითი სპეციალობის (Minor) ხარისხი „ფიზიკა“-ში მინიმუმ 40 კრედიტით ზოგადი ფიზიკისა და თეორიული ფიზიკის სავალდებულო საგნებში.
- „ფიზიკა“-ში სადოქტორო მისაღები გამოცდა (წერითი და ზეპირი კომპონენტებით) ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.8 - არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა
(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.9 - ატომის ფიზიკა
(i) ფიზიკის მაგისტრი ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(ატომის ფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

მოდული 1.10 - ბიოფიზიკა
(i) ფიზიკის ან ბიოლოგიის ან ბიოფიზიკის მაგისტრი ან მათთან გათანაბრებული ხარისხი;
(ii) უცხო ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე;
(iii) <u>ფიზიკის მაგისტრის შემთხვევაში</u> - გასაუბრება მოდულის სპეციალობაში *(ბიოფიზიკა)* ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე;

<u>სხვა დარგის მაგისტრის ხარისხის შემთხვევაში (i)-ში მითითებული ჩამონათვალიდან:</u>
- მეცნიერების/საბუნებისმეტყველო მეცნიერების ბაკალავრის ხარისხი ფიზიკაში ან დამატებითი სპეციალობის (Minor) ხარისხი „ფიზიკა“-ში მინიმუმ 40

კრედიტით ზოგადი ფიზიკისა და თეორიული ფიზიკის სავალდებულო საგნებში.

- „ფიზიკა“-ში სადოქტორო მისაღები გამოცდა (წერითი და ზეპირი კომპონენტებით) ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს დარგობრივ სექციაზე.

სასწავლო კომპონენტი

<u>დოქტორანტურაში სასწავლო კომპონენტს ეთმობა 60 კრედიტი.</u>
დოქტორანტის სასწავლო კომპონენტი გულისხმობს შემდეგ სალექციო კურსებს (იხ. სასწავლო გეგმა):

სასწავლო გეგმა

	სასწავლო კურსის სახელწოდება	**კრედიტი**	**წინაპირობა**	**საკონტაქტო და დამოუკიდებელი მუშაობის საათები**	**სემესტრი**
სავალდებულო კურსები 45-40 კრედიტი					
1	სწავლების მეთოდები	5	არ აქვს		I-III სემესტრი
2	აკადემიური წერა (სალექციო კურსი სავალდებულოა მათთვის, ვისაც აკადემიური წერა და/ან კვლევის მეთოდები წინა საფეხურზე არ გა-უვლია);	5	არ აქვს	48/77 ლექცია 15სთ, პრაქტიკუმი–30 სთ; შუალედური გამოცდა – 3სთ, დაკვნითი – 3სთ. შუალედური გამოცდებისთვის მზადება –5 სთ); დასკვნითი გამო-ცდისთვის მზადება – 15სთ.	შემოდგომა/ გაზაფხული
3	პროფესორის ასისტენტობა	5	სწავლების მეთოდები		შემოდგომა/ გაზაფხული
4	დოქტორანტის სემინარი 1	15	არ აქვს		შემოდგომა/ გაზაფხული
5	დოქტორანტის სემინარი 2	15	არ აქვს		შემოდგომა/ გაზაფხული
არჩევითი კურსები კურსები და სხვა სახის აქტივობა (უნდა აირჩიოს 15-20 კრედიტი)					
6	მეცნიერების მენეჯმენტი	5	არ აქვს	49/76 ლექცია 15 სთ, ჯგუფში მუშაობა –30 სთ; (მათ შორის 2 შუალედური გამოცდა 2x2=4 სთ. შუალედური გამოცდებისთვის მზადება – 4x4 = 8სთ. დასკვნითი გამოცდისთვის მზადება – 9 სთ. ჩაბარება – 3 სთ.	შემოდგომა/ გაზაფხული
7.	ინფორმაციულ–საკომუნი-კაციო ტექნოლოგიების გა-მოყენება კვლევა/სწავლე-ბაში და ელექტრონული კურსების შექმნა	10	არ აქვს	40/85 პრაქტიკული- 30 სთ, შუა-ლედური გამოცდა– 4 სთ; დასკვნითი გამოცდა – 6 საათი. შუალედური გამოცდის მომზადება – 16 სთ; დასკვნითი გამოცდის	შემოდგომა/ გაზაფხული

				მომზადება – 34 საათი	
8.	საუნივერსიტეტო კურიკულუმის შემუშავების პრინციპები	10	არ აქვს	40/210 საკონტაქტო საათი - 30 შუალედური გამოცდა – 4 სთ; დასკვნითი გამოცდა – 6 საათი. შუალედური გამოცდის მომზადება– 16 სთ; დასკვნითი გამოცდის მომზადება – 34 საათი	შემოდგომა/ გაზაფხული

9. **კვლევითი კომპონენტი**

<u>დოქტორანტურის კვლევითი კომპონენტი შეადგენს 120 კრედიტს:</u>

სავალდებულო 120 კრედიტი			
	აქტივობის სახე	**კრედიტი**	**სემესტრი**
1.	დოქტორანტის I კოლოკვიუმი	20	შემოდგომა/გაზაფხული
2.	დოქტორანტის II კოლოკვიუმი	20	შემოდგომა/გაზაფხული
3.	სადისერტაციო ნაშრომის მომზადება/დაცვა	80	შემოდგომა/გაზაფხული

<u>დოქტორანტის ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის შემუშავება ხორციელდება ყოველი სემესტრის დასაწყისში დოქტორანტის უშუალო ხელმძღვანელთან შეთანხმებით.</u>

სასწავლო და კვლევითი კომპონენტების განმარტებანი

პროფესორის ასისტენტობა – დოქტორანტურაში სწავლის პერიოდში დოქტორანტი ვალდებულია ასისტენტობა გაუწიოს აკადემიურ პერსონალს და მონაწილეობა მიიღოს უნივერსიტეტის სასწავლო პროცესში.

<u>პროფესორის ასისტენტობა გულისხმობს შემდეგს:</u> სამუშაო ჯგუფის, ლაბორატორიული სამუშაოების, პრაქტიკუმების ჩატარება ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის; სალექციო კურსის წაკითხვა "საბავშვო უნივერსიტეტის" მსმენელებისათვის; შუალედური და საბოლოო გამოცდის საკითხების, ტესტების მომზადება; სტუდენტთა ნაშრომების გასწორება, საბაკალავრო, სამაგისტრო ნაშრომების რეცენზირება; ელექტრონული სასწავლო კურსის მომზადება სამეცნიერო ხელმძღვანელთან შეთანხმებით (ე. წ. LMS – Learning Management System – Moodle და სხვ.); საბაკალავრო ნაშრომების ხელმძღვანელობა; ტუტორობა და სხვა.

მიღებული კრედიტების რაოდენობა დამოკიდებული უნდა იყოს ჩატარებული საათების რაოდენობაზე და იმ დროზე, რომელიც მოანდომა დოქტორანტმა შესრულებულ სამუშაოს. **პროფესორის ასისტენტობის შეფასების სიტემა იხ. დანართი1.**

პრაქტიკა – დოქტორანტის მიერ გავლილი პრაქტიკის შეფასება მოხდება პრაქტიკის ანგარიშის ფორმით (პრაქტიკის განხორციელებასთან დაკავშირებულ საკითხებს არეგულირებს უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს სპეციალური დადგენილება „ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საგანმანათლებლო პროგრამებით გათვალისწინებული პრაქტიკის სახელმძღვანელოს დამტკიცების შესახებ").

სემინარი – ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნირებათა ფაკულტეტზე სხვადასხვა სადოქტორო პროგრამის გაერთიანების შედეგად იქმნება *„სადოქტორო სემინარი"*, რომელშიც მონაწილეობენ შესაბამისი სადოქტორო პროგრამების ხელმძღვანელები (კოორდინატორები), სადისერტაციო ნაშრომების ხელმძღვანელები და დოქტორანტები.

მოცემული სადოქტორო პროგრამის *„სადოქტორო სემინარის“* მონაწილეები წარმოადგენენ მოხსენებებს ფიზიკის (თეორიული ფიზიკა / ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა და კვანტური ველები / პლაზმის ფიზიკა / ასტროფიზიკა / კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / მიკრო და ნანოელექტრონიკა / გამოყენებითი ელექტროდინამიკა და რადიოტექნიკა / არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / ატომური და მოლეკულური ფიზიკა / ბიოფიზიკა) საკითხებზე, სამეცნიერო პრობლემის კვლევის თანამედროვე მდგომარეობაზე დოქტორანტის სადოქტორო თემატიკის შესაბამისად.

დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომის შეფასების სისტემა იხ. დანართი 2.

კოლოკვიუმი – კოლოკვიუმი არის სადისერტაციო ნაშრომის ნაწილი. დოქტორანტი პროგრამის ხელმძღვანელს წარუდგენს კოლოკვიუმის ბეჭდურ და ელექტრონულ ვერსიებს. შეფასებას ახორციელებს სამეცნიერო ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები.

კოლოკვიუმის შეფასების სისტემა იხ. დანართი 3.

10. სწავლის შედეგების მიღწევის მეთოდები

<u>პროგრამის მიზნების და დასახული შედეგების მიღწევის უზრუნველყოფა ხორციელდება სწავლებისა და სწავლის შემდეგი მეთოდებით / საშუალებებით / მიდგომით:</u>

- სალექციო კურსები, პრაქტიკული, ჯგუფური მეცადინეობები;
- ინდივიდუალური და ჯგუფური დავალებები; სასწავლო პრაქტიკული სამუშაოები,
- მატერიალურ–ტექნიკური (ფიზიკის დეპარტამენტის, ზსმფ-ისა და თსუ სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტების შესაბამისი განყოფილებები, ლაბორატორიები, საგრანტო პროექტები) ,
- სასწავლო და სამეცნიერო მასალები როგორც ბიბლიოთეკებდიან, ასევე online წყაროებიდან;
- სასწავლო და კვლევით პროცესში კურსდამთავრებულებთან და დამსაქმებელთა რეკომენდაციებისა და მოთხოვნათა გათვალისწინება;
- საერთაშორისო სტანდარტებისა და უახლესი მოთხოვნების გათვალისწინება ფიზიკის დარგისადმი.
- დარგის და ქვედარგების წამყვანი სპეციალისტების და მათი გამოცდილების ჩართვა პროგრამაში.
- უახლესი სამეცნიერო და კვლევითი მეთოდების დაუფლება და დამოუკიდებელი კვლევითი უნარების განვითარება გამოცდილ მკველვარებთან ერთობლივ მუშაობაში/კვლევებში ჩართვით.
- სამეცნიერო სტატიების კვლაფიციურ დონეზე წაკითხვა და გადმოცემა სემინარებზე და ლექციებზე.
- სამეცნიერო მივლინებები მსოფლიოს წამყვან უნივერსიტეტებსა ცენტრებში.

<u>უფრო კონკრეტულად სხვადასხვა საგნობრივ კურსში გამოიყენება:</u>

- ზეპირსიტყვიერი (ლექცია)
- წიგნზე მუშაობის მეთოდი.
- წერითი მუშაობის მეთოდი, რომელიც გულისხმობს ამონაწერებისა და ჩანაწერების გაკეთებას.
- დისკუსია, მსჯელობა.
- პრობლემებზე დაფუძნებული სწავლება.
- სასემინარო/პრაქტიკული მუშაობის ახსნა-განმარტებითი და გამეორების მეთოდი; პრეზენტაცია, ილუსტრაცია..
- საშინაო დავალებების შესრულება და გადმოცემა კლასში.

- დედუქცია, ანალიზი, სინთეზი.
- პრაქტიკული-კვლევითი მეთოდები
- ვიდეომასალების ჩვენება, ილუსტრირება.

ასევე კვლევისას და სემინარებზე/სამუშაო ჯგუფებში და პრაქტიკულ მოღვაწეობაში გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

- დისკუსია, დებატები
- ჯგუფური მუშაობა
- შემთხვევის ანალიზი
- გონებრივი იერიში (Brain storming)
- ახსნა–განმარტებითი მეთოდი
- ქმედებაზე ორიენტირებული სწავლება
- დისტანციური სწავლების ელემენტები

12. დოქტორანტის ცოდნის შეფასების სისტემა:

(A) 91 -100 ფრიადი
(B) 81 -90 ძალიან კარგი
(C) 71 -80 კარგი
(D) 61 -70 დამაკმაყოფილებელი
(E) 51 - 60 საკმარისი
(FX) 41 - 50 ვერ ჩააბარა, სტუდენტს ეძლევა საბოლოო გამოცდის ერთხელ გადაბარების უფლება
(F) 0 – 40 ჩაიჭრა, სტუდენტმა კრედიტის მიღებისთვის თავიდან უნდა გაიაროს კურსი

სადისერტაციო ნაშრომის შეფასება ხდება საერთო/საუნივერსიტეტო სტანდარტის შესაბამისად:

ქულები	შეფასება
summa cum laude	ფრიადი (შესანიშნავი ნაშრომი)
magna cum laude	ძალიან კარგი (შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს ყოველმხრივ აღემატება)
cum laude	კარგი (შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს) აღემატება
bene	საშუალო (შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს ყოველმხრივ აკმაყოფილებს)
rite	დამაკმაყოფილებელი (შედეგი, რომელიც, ხარვეზების მიუხედავად, წაყენებულ მოთხოვნებს მაინც აკმაყოფილებს)
insufficienter	არადამაკმაყოფილებელი (შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს მნიშვნელოვანი ხარვეზების გამო ვერ აკმაყოფილებს)
sub omni canone	სრულიად არადამაკმაყოფილებელი (შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს სრულიად ვერ აკმაყოფილებს)

13. სწავლებისა და სამეცნიერო კვლევების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა:

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა; თსუ-ს სამეცნიერო ბიბლიოთეკა, კომპიუტერული ბაზები, რესურსცენტრები და სხვა.

მოდული 1.1

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

მოდული 1.2

- პერსონალური კომპიუტერები
- ელექტრონული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები
- სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა
- თსუ მღალი ენერგიების ფიზიკის ინსტიტუტისა და ა.რაზმაძის მათემატიკის ინსტიტუტის თეორიული ფიზიკის განყოფილების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა,
- ბირთვული კვლევების ევროპულ ორგანიზაციაში არსებული კომპიუტერული სისტემები.

მოდული 1.3

- ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტის პლაზმის ფიზიკის განყოფილების მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა,
- თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის "პლაზმის 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 უზვრუნველყოფა (Matlab, IDL, C/C++, FORTRAN, Maple, etc.)

მოდული 1.4

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

მოდული 1.5

- პერსონალური კომპიუტერები.
- იმპულსური ლაზერული დაფენის დანადგარი.
- მაგნეტო-ტრანსპორტი 2K-600K, 9 T.
- ატომურ-ძალური მიკროსკოპი.
- მაგნეტომეტრი 2K-1000K, 9 T.
- ფოტოლუმინესცენციის და ნანო-კათოდოლუმინსეცენციის დანადგარი.
- ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსის (ეპრ) სპექტრობეტრი, "BRUKER" გერმანია.
- ბირთვული მაგნიტური რეზონანსის (ბმრ) სპექტრომეტრი.
- მრავალფუნქციური ფიზიკური თვისებების გამზომი ხელსაწყო "Cryogenic" closed cycle system, 1.6-300 K 5T ინგლისი.
- 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;
- ელექტრული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები;
- მიღებული შედეგების დასამუშავებლად პროგრამული უზრუნველყოფა.

მოდული 1.7

- პერსონალური კომპიუტერები
- ბიბლიოთეკა
- პროგრამული უზრუნველყოფები
- გამზომი ხელსაწყოები

მოდული 1.8

- პერსონალური კომპიუტერი;
- ელექტრული ბიბლიოთეკა და მონაცემთა ბაზები;
- მიღებული შედეგების დასამუშავებლად პროგრამული უზრუნველყოფა.

მოდული 1.9

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

მოდული 1.10 სამეცნიერო კვლევებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა: ბიოფიზიკის ლაბორატორიულ ოთახებში, რომლებიც არის როგორც მე-2 ისევე მე-11 კორპუსში არსებობს ქვემოთ ჩამოთვლილი სამეცნიერო დანიშნულების ხელსაწყო დანადგარები. უნდა ითქვას, რომ არსებული ხელსაწყო დანადგარები იძლევა შესაძლებლობას შესრულდეს ექსპერიმენტული მიმართულების სადოქტორო სამუშაოები სრულფასოვნად. მიმართულებაზე არსებული მნიშვნელოვანი ხელსაწყო დანადგარების ჩამონათვალი:

1. მიკროკალორიმეტრი DASM-4A
2. ავტომატური, სკანირებადი მიკროვისკოზიმეტრი
3. ულტრაიისფერ/ ხილური სპექტროფოტომეტრი USB 2800
4. ულტრაიისფერ/ ხილური სპექტროფოტომეტრი Specord 40
5. მაღალბრუნიანი ულტრაცენტრიფუგა CP-25
6. მიკროცენტრიფუგები
7. pH მეტრები, როგორც დიდი მოცულობის ასევე მიკრო მოცულობის მჟავიანობის განსაზღვრისთვი
8. თურბიდიმეტრული დანადგარი
9. ბიოქიმიური ლაბორატორიული მოწყობილობები
10. ბიოლოგიური ფერმენტორი
11. უცხოური წარმოების ამაორთქლებელი
12. მაღალი სიზუსტის (0.1მგ) ანალიზური სასწორი

12 ეპრ დანადგარი

14. პროგრამას ფინანსურად უზრუნველყოფს თსუ.

დანართი 1

პროფესორის ასისტენტობის შეფასების სისტემა

შესრულებული სამუშაო	**დახარჯული დროის მოცულობა**	**კრედიტების რაოდენობა**	**შეფასება**
სამუშაო ჯგუფი (სემინარი)	საკონტაქტო საათების რაოდენობა: დამოუკიდებელი მუშაობის საათების რაოდენობა: სულ:		
ლაბორატორიული სამუშაო/პრაქტიკუმი	საკონტაქტო საათების რაოდენობა: დამოუკიდებელი მუშაობის საათების რაოდენობა: სულ		
ზოგიერთი სალექციო თემის მომზადება	საკონტაქტო საათების რაოდენობა: დამოუკიდებელი მუშაობის საათების რაოდენობა: სულ:		
შუალედური და საბო-ლოო გამოცდის საკითხების, ტესტების მომზადება	მომზადებული მასალის მოცულობა: მასალის მომზადებაზე დახარჯული დრო სულ:		
სტუდენტთა ნაშრომების გასწორება	ნაშრომების რაოდენობა: თითოეული ნაშრომის გასწორებაზე დახარჯული დრო: სულ:		
საბაკალავრო, სამაგისტრო ნაშრომების რეცენზირება	ნაშრომების რაოდენობა: თითოეული ნაშრომის რეცენზირებაზე დახარჯული დრო: სულ:		
საბაკალავრო ნაშრომების ხელმძღვანელობა	ნაშრომების რაოდენობა: თითოეული ნაშრომის ხელმძღვანელობაზე დახარჯული დრო: სულ:		
ელექტრონული სასწავლო კურსებისთვის მასალების მომზადება	მომზადებული მასალის მოცულობა: მასალის მომზადებაზე დახარჯული დრო სულ:		
ლექცია "საბავშვო უნივერსიტეტში	საკონტაქტო საათების რაოდენობა: დამოუკიდებელი მუშაობის საათების რაოდენობა: სულ		
სხვა			
საბოლოო შეფასება: თითოეული პუნქტი ფასდება 100 ქულით. საბოლოო ქულის დაანგარიშება ხდება კრედიტების რაოდენობის გათვალისწინებითა და შეწონილი საშუალოს გამოყენებით.			

დანართი 2.

დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომის შეფასების სისტემა

დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომი ფასდება 100 ქულიანი სისტემით. <u>მაქსიმუმ 60 ქულით ნაშრომს აფასებს ხელმძღვანელი</u> (ნაშრომის შეფასება 50 ქულა, საპრეზენტაციო მასალის შეფასება – 10 ქულა). დადებით შეფასებად ითვლება 31 ქულა.
<u>მაქსიმუმ 40 ქულით ფასდება ნაშრომის პრეზენტაცია.</u>
შეფასება მოიცავს ოთხ კომპონენტს: **დარგობრივი ცოდნა, მსჯელობა და არგუმენტაცია, აგებულება, ფორმა და ენობრივი გამართულობა.** თითოეული კომპონენტის ფარგლებში მოქმედებს შეფასების შემდეგი კრიტერიუმები:

ნაშრომის შეფასება ხელმძღვანელის მიერ –50 ქულა

დარგობრივი ცოდნა – 25 ქულა:

19-25 ქულა – დოქტორანტი სრულყოფილად გადმოსცემს სემინარის საკითხთან დაკავშირებულ ძირითად ინფორმაციას; იცნობს შესაბამის ძირითად და დამხმარე ლიტერატურას; მართებულად იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;

13-18 ქულა – დოქტორანტი გადმოსცემს საკითხთან დაკავშირებულ ინფორმაციას; იცნობს შესაბამის ძირითად ლიტერატურას; იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;

7-12 ქულა – დოქტორანტი საკითხთან დაკავშირებულ ინფორმაციას გადმოსცემს არასრულად; იცნობს შესაბამისი ლიტერატურის მხოლოდ ნაწილს; არამართებულად იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;

0-6 ქულა –არ არის დამუშავებული შესაბამისი ლიტერატურა; დარგობრივი ტერმინოლოგია არ არის გამოყენებული;

მსჯელობა და არგუმენტაცია – (0-14 ქულა)

დოქტორანტის მსჟელობა ლოგიკურად გამართული და არგუმენტირებულია – 0-7 ქულა
დასკვნები ადეკვატურია – 0-7 ქულა.

აგებულება – (0-8 ქულა)

ნაშრომის შეიცავს შესაბამისად გამართულ სატიტულო გვერდს და სარჩევს – (0-1 ქულა)
ნაშრომის შეიცავს შესავალს, რომელშიც გამოკვეთილია კვლევის მიზანი, საგანი და მეთოდი – (0-4 ქულა)
ნაშრომის ბოლოს გამოიყოფა ლოგიკური დასკვნა – (0-2 ქულა)
ნაშრომს დართული აქვს შესაბამისად გამართული გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა – (0-1 ქულა)

ფორმა და ენობრივი გამართულობა (0-3 ქულა):

ნაშრომი ენობრივად გამართულია, მასში თითქმის არ გვხვდება ენობრივი შეცდომები – (0-1 ქულა)
ნაშრომში ადეკვატურადაა დამოწმებული ყველა ციტატა – (0-1 ქულა)
ნაშრომში დაცულია მართლწერისა და სასვენი ნიშნების გამოყენების წესები – (0-1 ქულა).

პრეზენტაციის შეფასება ხელმძღვანელის მიერ – 10 ქულა

მასალების გაფორმების ვიზუალური მხარე 0-5 ქულა
სასემინარო ნაშრომთან შესაბამისობა – 0-5 ქულა

პრეზენტაცია – 40 ქულა

დარგობრივი ცოდნა – 28 ქულა:

21-28 ქულა – დოქტორანტი ნათლად და გასაგებად გადმოსცემს საკითხთან დაკავშირებულ ძირითად ინფორმაციას; მისი მსჯელობა ლოგიკური და თანამიმდევრულია; დასკვნები ადეკვატურია.

14-20 ქულა – დოქტორანტი გადმოსცემს საკითხთან დაკავშირებულ ინფორმაციას; მისი მსჯელობა ლოგიკურია.

7-13 ქულა – დოქტორანტი საკითხთან დაკავშირებულ ინფორმაციას გადმოსცემს არასრულად; მისი მსჯელობა არათანამიმდევრულია.

0-6 ქულა –საკითხი სუსტად არის დამუშავებული.

პრეზენტაციის ვიზუალური მხარე – 7 ქულა

6-7 ქულა – დოქტორანტი კარგად ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. მაღალ დონეზე აქვს წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა

4-5 ქულა – დოქტორანტი ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა საშუალო დონისაა.

2-3 ქულა – დოქტორანტი ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა ღარიბია.

0-1 ქულა – დოქტორანტი სუსტად ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა სრულად ვერ ასახავს დარგის / თემატიკის თანამედროვე მდგომარეობის კვლევის შედეგებს

კომუნიკაცია აუდიტორიასთან – 5 ქულა

აქვს მჭიდრო კონტაქტი აუდიტორიასთან 0-3 ქულა;
იცავს რეგლამენტს 0-2 ქულა.

დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომის საბოლოო შეფასება: მაქსიმალური შეფასება100 ქულა, დადებითი შეფასება 51 ქულა.

დანართი 3.

დოქტორანტის კოლოკვიუმის შეფასების სისტემა

დოქტორანტის კოლოკვიუმი ფასდება 100 ქულიანი სისტემით. <u>მაქსიმუმ 60 ქულით ნაშრომს აფასებს ხელმძღვანელი.</u> დადებით შეფასებად ითვლება 31 ქულა.
<u>მაქსიმუმ 40 ქულით ფასდება ნაშრომის პრეზენტაცია.</u>

შეფასება მოიცავს ოთხ კომპონენტს: **დარგობრივი ცოდნა, მსჯელობა და არგუმენტაცია, აგებულება, ფორმა და ენობრივი გამართულობა.** თითოეული კომპონენტის ფარგლებში მოქმედებს შეფასების შემდეგი კრიტერიუმები:

ნაშრომის შეფასება ხელმძღვანელის მიერ –60 ქულა

დარგობრივი ცოდნა – 35 ქულა:
26-35 ქულა – დოქტორანტი სრულყოფილად გადმოსცემს სადისერტაციო თემატიკის საკითხთან დაკავშირებულ ძირითად ინფორმაციას; იცნობს შესაბამის ძირითად და დამხმარე ლიტერატურას; მართებულად იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;
16-25 ქულა – დოქტორანტი გადმოსცემს სადისერტაციო თემატიკასთან დაკავშირებულ ინფორმაციას; იცნობს შესაბამის ძირითად ლიტერატურას; იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;
6-15 ქულა – დოქტორანტი სადისერტაციო თემატიკასთან დაკავშირებულ ინფორმაციას გადმოსცემს არასრულად; იცნობს შესაბამისი ლიტერატურის მხოლოდ ნაწილს; არამართებულად იყენებს დარგობრივ ტერმინოლოგიას;
0-5 ქულა – სადისერტაციო თემატიკასთან დაკავშირებული ლიტერატურა სუსტად არის დამუშავებული; დარგობრივი ტერმინოლოგია არ არის გამოყენებული.

მსჯელობა და არგუმენტაცია – (0-14 ქულა)
დოქტორანტის მსჯელობა ლოგიკურად გამართული და არგუმენტირებულია – 0-7 ქულა
დასკვნები ადეკვატურია – 0-7 ქულა.

აგებულება – (0-8 ქულა)
ნაშრომის შეიცავს შესაბამისად გამართულ სატიტულო გვერდს და სარჩევს – (0-1 ქულა)
ნაშრომის შეიცავს შესავალს, რომელშიც გამოკვეთილია კვლევის მიზანი, საგანი და მეთოდი – (0-4 ქულა)
ნაშრომის ბოლოს გამოიყოფა ლოგიკური დასკვნა – (0-2 ქულა)
ნაშრომს დართული აქვს შესაბამისად გამართული გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა – (0-1 ქულა)

ფორმა და ენობრივი გამართულობა (0-3 ქულა):
ნაშრომი ენობრივად გამართულია, მასში თითქმის არ გვხვდება ენობრივი შეცდომები – (0-1 ქულა)
ნაშრომში ადეკვატურადაა დამოწმებული ყველა ციტატა – (0-1 ქულა)
ნაშრომში დაცულია მართლწერისა და სასვენი ნიშნების გამოყენების წესები – (0-1 ქულა).

პრეზენტაცია – 40 ქულა

დარგობრივი ცოდნა – 25 ქულა:

21-28 ქულა – დოქტორანტი ნათლად და გასაგებად გადმოსცემს სადისერტაციო თემატიკასთან დაკავშირებულ ძირითად ინფორმაციას; მისი მსჯელობა ლოგიკური და თანამიმდევრულია; დასკვნები ადეკვატურია.

14-20 ქულა – დოქტორანტი გადმოსცემს სადისერტაციო თემატიკასთან დაკავშირებულ ინფორ-მაციას; მისი მსჯელობა ლოგიკურია.

7-13 ქულა – დოქტორანტი საკითხთან დაკავშირებულ ინფორმაციას გადმოსცემს არასრულად; მისი მსჯელობა არათანამიმდევრულია.

0-6 ქულა – საკითხი სუსტად არის დამუშავებული.

მასალის გაფორმების ვიზუალური მხარე – 10 ქულა

6-7 ქულა – დოქტორანტი კარგად ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. მაღალ დონეზე აქვს წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა

4-5 ქულა – დოქტორანტი ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა საშუალო დონისაა.

2-3 ქულა – დოქტორანტი ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენილი საპრეზენტაციო მასალა ღარიბია.

0-1 ქულა – დოქტორანტი სუსტად ფლობს თანამედროვე კომპიუტერულ ტექნიკას. წარმოდგენი-ლი საპრეზენტაციო მასალა სრულად ვერ ასახავს კვლევის შედეგებს

კომუნიკაცია აუდიტორიასთან – 5 ქულა

0-3 ქულა – დოქტორანტს აქვს მჭიდრო კონტაქტი აუდიტორიასთან;

0-2 ქულა – იცავს რეგლამენტს

დოქტორანტის კოლოკვიუმის საბოლოო შეფასება: მაქსიმალური შეფასება100 ქულა, დადებითი შეფასება 51 ქულა.

სადოქტორო მისაღები გამოცდის პროგრამა „ფიზიკა“-ში

გამოცდა ტარდება წერითი და ზეპირი კომპონენტებით, საერთო შეფასება - 100 ქულა, აქედან: წერითი კომპონენტის შეფასებაა 40 ქულა, ზეპირი კომპონენტის კი - 60 ქულა. გამოცდას იბარებს ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს ფიზიკის დარგობრივი სექცია.

I მექანიკა, თეორიული მექანიკა, არაწრფივი მოვლენები, კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა

I.1 მექანიკა

I.1.1. იმპულსის მომენტი. იმპულსის მომენტის შენახვის კანონი. პრეცესია და გიროსკოპის მოძრაობა.

I.1.2. რელატივისტური დინამიკა, ენერგია და იმპულსი.

I.1.3. მათემატიკური ოსცილატორი. მისი რხევის განტოლების მიღება და ამონახსნი.

I.2 თეორიული მექანიკა

I.2.1. ვარიაციული პრინციპი და ლაგრანჟის განტოლებები

I.2.2. ნოიტერის თეორემა და შენახვადი სიდიდეები

I.2.3. ჰამილტონის ფორმალიზმი, ჰამილტონის განტოლებები და პუასონის ფრჩხილები

I.3 არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა

I.3.1. ანჰარმონული რხევები და რეზონანსი არაწრფივ მერხევ სისტემაში

I.4 კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა

I.4.1. თავისუფალი ელექტრონების გაზი მეტალებში. ფერმის ენერგია. ფერმი-დირაკის განაწილება.

I.4.2. საკუთარი და მინარევული გამტარობა ნახევარგამტარებში. ვალენტური და გამტარობის ზონა.

I.4.3. ჰოლის ეფექტი. ჰოლის კოეფიციენტი.

ლიტერატურა

1. მ. მირიანაშვილი - ზოგადი ფიზიკის კურსი. ტ.I, თსუ 1973წ.
2. Матвеев А. Н. – Механика и теория относительности М. 1993.
3. Китель Ч. «Введение в физику твердого тела»
4. Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц. *Теоретическая Механика* 1965
5. Goldstein, Poole & Safkco; “Classical Mechanics”. 3-d ed. Addisson Wesley 2000
6. ვ. მამასახლისოვი, გ.ჭილაშვილი; თეორიული ფიზიკა 1 „მექანიკა“ თბილისი 1982
7. ა.ხელაშვილი; „კლასიკური თეორიული მექანიკა“ თბილისი 2005

II მოლეკულური ფიზიკა, სტატისტიკური ფიზიკა და თერმოდინამიკა, სტატისტიკური ფიზიკის დამატებითი თავები

II.1 მოლეკულური ფიზიკა

II.1.1. მუშაობა და სითბო. თერმოდინამიკის პირველი კანონი

II.1.2. თერმოდინამიკის მეორე კანონი

II.1.3. იდეალური გაზი

II.1.4. რეალური გაზი

II.2 სტატისტიკური ფიზიკა და თერმოდინამიკა

II.2.1. ფაზური სივრცე

II.2.2. კვანტურ მდგომარეობათა რიცხვი

II.2.3. ლიუვილის თეორემა

II.2.4. გიბსის განაწილება

II.3 სტასტიკური ფიზიკის დამატებითი თავები

II.3.1 .მყარ სხეულთა თერმოდინამიკური თვისებები

II.3.2. გიბსის დიდი კანონიკური განაწილება

II.3.3. კვანტური სტატისტიკა

II.3.4. ძირითადი კინეტიკური განტოლება

ლიტერატურა

1. მ. მირიანაშვილი. *ზოგადი ფიზიკის კურსი. ნაწილი მეორე.* 1966.
2. ა. უგულავა, მ. ვერულაშვილი, ზ. როსტომაშვილი. *სტატისტიკური ფიზიკა.* 2005
3. В.Г. Левич. *Курс теоретической физики. том 1.* 1969
4. Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц. *Механика* 1965

III ელექტრომაგნეტიზმი, ოპტიკა, ველის თეორია, გამოსხივების თეორია

III.1 ელექტრომაგნეტიზმი

III.1.1. გამტარებლობის მექანიზმი. ომის კანონი. სად ირღვევა ომის კანონი.

III.1.2. დენიანი გამტარის ველი. ბიო-სავარ-ლაპლასის კანონი.

III.1.3. ინდუქციის უნივერსალური კანონი. ურთიერთინდუქცია. თვითინდუქცია.

III.1.4. წანაცვლების დენი; მაქსველის განტოლებები.

III.2 ოპტიკა

III.2.1. ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელება.

III.2.2. სინათლის ინტერფერენცია.

III.2.3. სინათლის დიფრაქცია.

III.2.4. ვინის კანონი. რელეი-ჯინსის კანონი. პლანკის ფორმულა. პლანკის ფორმულიდან სითბური გამოსხივების კანონების გამოყვანა.

III.3 ველის თეორია

III.3.1. მაქსველის განტოლებათა პირველი წყვილი. ქმედება ელექტრომაგნიტური ველისათვის.

III.3.2. დენის ოთხგანზომილებიანი ვექტორი. უწყვეტობის განტოლება. მაქსველის განტოლებათა მეორე წყვილი. ენერგიის სიმკვრივე და ნაკადი.

III.3.3. ენერგია-იმპულსის ტენზორი. ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია-იმპულსის ტენზორი.

III.3.4. მოძრავი მუხტის ველი: დაგვიანებული პოტენციალები. ლიენარ-ვიხერტის პოტენციალები.

III.4 გამოსხივების თეორია

III.4.1. ელექტრომაგნიტური ველის გამოსხივება: მუხტების ველი დიდ მანძლებზე; მუხტების ველი ახლო მანძილებზე.

III.4.2. დიპოლური გამოსხივება. დამუხრუჭებითი გამოსხივება.

III.4.3. დამუხრუჭება გამოსხივებით; დამუხრუჭება გამოსხივებით რელატივისტურ შემთხვევაში.

ლიტერატურა

1. ვეფხვაძე გალინა. *ზოგადი ფიზიკის კურსი, ელექტრობა.* თბილისი, თსუ, 1995.
2. Берклевский курс физики - Парселл Э. *Электричество и магнетизм*. М.: Наука, 1975.
3. Матвеев А. Н. *Электричество и магнетизм*. М.: Высшая школа, 1983.
4. J.D. Jackson. *"Classical Electrodynamics"*. J. Wiley & Sons. Inc.
5. გალინა ვეფხვაძე. *ოპტიკა*, თსუ, 1998 წ.
6. Д. В. Сивухин. *Общий курс физики. Оптика*. М.: Наука, 1985.
7. Г.С. Ландсберг. *Оптика*, М., 1976.
8. А.Н. Матвеев, *Оптика*, М., «Высшая школа», 1985
9. Л.Д. Ландау, Е. М.Лифшиц. *«Теория поля»*. – Москва. Наука, 1986.

IV ატომის და ატომბირთვის ფიზიკა, კვანტური მექანიკა, კვანტური მექანიკის დამატებითი თავები

IV.1 ატომის და ატომბირთვის ფიზიკა

IV.1.1. წყალბადის ატომი ბორის მიხედვით.

IV.1.2. კორპუსკულურ-ტალღური დუალიზმი.

IV.1.3. კვანტური ელექტრონიკის საფუძვლები.

IV.1.4. ატომბირთვის ზოგადი დახასიათება.

IV.2 კვანტური მექანიკა

IV.2.1. კვანტური მექანიკის მოძრაობის განტოლება.

IV.2.2. შრედინგერის განტოლების ამოხსნა სხვადასხვა მარტივი ამოცანისათვის.

IV.2.3. მოძრაობა ცენტრალური სიმეტრიის ველში.

IV.2.4. შრედინგერის განტოლების მიახლოებითი ამოხსნის მეთოდები.

IV.3 კვანტური მექანიკის დამატებითი თავები

IV.3.1. მატრიცული აღრიცხვის ელემენტები;

IV.3.2. სინათლის ურთიერთქმედება ატომებთან;

IV.3.3. ელექტრონის სპინი და მასთან დაკავშირებული მოვლენები;

IV.3.4. ატომები და ორატომიანი მოლეკულები.

ლიტერატურა:

1. ჯ. მებონია, *ატომური ფიზიკა,* თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 2002.
2. გ. მირიანაშვილი, *ატომური ფიზიკა,* თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1988.
3. ი. ვაშაკიძე, ვ. მამსახლისოვი, გ. ჭილაშვილი, *კვანტური მექანიკა,* თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1978.
4. А. С. Давыдов, *Квантовая Механика*, Издательство «Наука», Москва, 1973.
5. З. З. Флюге, *Задачи по Квантовой Механике*, Издательство «Мир», Москва, 1974.
6. გ. ჭილაშვილი, *ორი და სამი ნაწილაკის კვანტური მექანიკა,* თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1978.
7. А. Мессия, *Квантовая Механика*, том 1, Издательство «Наука», Москва, 1978.
8. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Квантовая Механика*, Издательство «Наука», Москва, 1984.