



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

პროგრამის სტრუქტურა და შინაარსი

პროგრამის სახელწოდება (ქართულად და ინგლისურად)	ფიზიკა Physics	
მისანიჭებელი კვალიფიკაცია (ქართულად და ინგლისურად)	ფიზიკის დოქტორი PHD in Physics	შემოთავაზებული სპეციალობები: თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა / Elementary Particle Physics პლაზმის ფიზიკა / Plasma Physics ასტროფიზიკა / Astrophysics კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა / Condensed Matter Physics მიკრო- და ნანო-ელექტრონიკა / Micro- and Nano-Electronics რადიოფიზიკა / Radiophysics გამოყენებითი ელექტროდინამიკა / Applied Electrodynamics გეოფიზიკა / Geophysics არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / Nonlinear Phenomena Physics ატომის ფიზიკა / Atomic Physics ბიოფიზიკა / Biophysics
პროგრამის მოცულობა კრედიტებით და მათი განაწილება	60 კრედიტი (სასწავლო კომპონენტი) პროგრამის ხანგრძლივობა არანაკლებ 3 წელი პროგრამა შედგება ფიზიკის დარგობრივი მიმართულებების შესაბამისი მოდულებისაგან: 1.1. თეორიული ფიზიკა / Theoretical Physics 1.2. ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა / Elementary Particle Physics 1.2.1 ელემენტარული ნაწილაკების თეორია / Theory of Elementary Particles 1.2.2 ნაწილაკების ექსპერიმენტული ფიზიკა / Experimental Particle Physics 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. რადიოფიზიკა, გამოყენებითი ელექტროდინამიკა და გეოფიზიკა / Radiophysics, Applied Electrodynamics and Geophysics 1.8. არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა / Nonlinear Phenomena Physics 1.9 ატომური და მოლეკულური ფიზიკა / Atomic and Molecular Physics 1.10 ბიოფიზიკა / Biophysics	
სწავლების ენა	ქართული (მოდულები 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10) ქართული / ინგლისური (მოდულები 1.1, 1.2)	
პროგრამის ხელმძღვანელი/ხელმძღვანელები	თსუ ასოც. პროფ. მერაბ გოგბერაშვილი; თსუ პროფ. მერაბ ელიაშვილი; თსუ პროფ. ნანა შათაშვილი (პროგრამის კოორდინატორი)	



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

/კოორდინატორი	თსუ პროფ. ალექსანდრე შენგელაია თსუ ასოც. პროფ. ამირან ზიბილაშვილი თსუ ასოც. პროფ. ოლეგ ხარშილამე, თსუ პროფ. არჩილ უგულავა; თსუ პროფ. თამაზ კერესელიძე; თსუ პროფ. თამაზ მძინარაშვილი;
პროგრამაზე დაშვების წინაპირობა	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.8, 1.9 მოდულებისათვის: (i) ფიზიკის მაგისტრის ან მასთან გათანაბრებული ხარისხი, (ii) ინგლისური ენის არანაკლებ B2 დონეზე ცოდნის დადასტურება ან ერთ-ერთი დასავლეთ ევროპული ენის ცოდნას არანაკლებ B2 დონეზე და ინგლისურ ენის ცოდნას არანაკლებ B1 დონეზე ცოდნის დადასტურება/ქართული ენის ცოდნა თსუ-ს მიერ დადგენილ დონეზე, შესაბამისად სწავლების ენისა (ქართული/ინგლისური); (iii) გასაუბრება ფაკულტეტის ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან *. (iv) შესაბამის სფეროში წინარე ნაშრომი/პუბლიკაცია ან/და სამეცნიერო-კვლევით პროექტებსა და ღონისძიებებში მონაწილეობა ან/და შესაბამის სფეროში მუშაობის არანაკლებ 2 წლიანი გამოცდილება. (v) კვლევის თეზისი/პროექტი . მოდულისათვის 1.6: (i) ფიზიკის ან ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის მაგისტრი ან მათთან გათანაბრებული ხარისხი; (ii) ინგლისური ენის არანაკლებ B2 დონეზე ცოდნის დადასტურება ან ერთ-ერთი დასავლეთ ევროპული ენის ცოდნას არანაკლებ B2 დონეზე და ინგლისურ ენის ცოდნას არანაკლებ B1 დონეზე ცოდნის დადასტურება; (iii) ფიზიკის მაგისტრის შემთხვევაში - გასაუბრება ფაკულტეტის ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან *. (iv) შესაბამის სფეროში წინარე ნაშრომი/პუბლიკაცია ან/და სამეცნიერო-კვლევით პროექტებსა და ღონისძიებებში მონაწილეობა ან/და შესაბამის სფეროში მუშაობის არანაკლებ 2 წლიანი გამოცდილება. (v) კვლევის თეზისი/პროექტი . ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის მაგისტრის შემთხვევაში - – 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 ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან * მოდულისათვის 1.7: (i) ფიზიკის ან მათემატიკის ან კომპიუტერული მეცნიერებების მაგისტრის ან ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის ხარისხი.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	(ii) ინგლისური ენის არანაკლებ B2 დონეზე ცოდნის დადასტურება ან ერთ-ერთი დასავლეთ ევროპული ენის ცოდნას არანაკლებ B2 დონეზე და ინგლისურ ენის ცოდნას არანაკლებ B1 დონეზე ცოდნის დადასტურება; (iii) ფიზიკის მაგისტრის შემთხვევაში - გასაუბრება ფაკულტეტის ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან *. (iv) შესაბამის სფეროში წინარე ნაშრომი/პუბლიკაცია ან/და სამეცნიერო-კვლევით პროექტებსა და ღონისძიებებში მონაწილეობა ან/და შესაბამის სფეროში მუშაობის არანაკლებ 2 წლიანი გამოცდილება. (v) კვლევის თეზისი/პროექტი . სხვა დარგის მაგისტრის ხარისხის შემთხვევაში (i)-ში მითითებული ჩამონათვალიდან: – 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 ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან * მოდულისათვის 1.10 (i) ფიზიკის მაგისტრის ან ბიოლოგიის მაგისტრის ან ბიოფიზიკის მაგისტრი ან მათთან გათანაბრებული ხარისხი; (ii) ინგლისური ენის არანაკლებ B2 დონეზე ცოდნის დადასტურება ან ერთ-ერთი დასავლეთ ევროპული ენის ცოდნას არანაკლებ B2 დონეზე და ინგლისურ ენის ცოდნას არანაკლებ B1 დონეზე ცოდნის დადასტურება (iii) ფიზიკის მაგისტრის შემთხვევაში გასაუბრება ფაკულტეტის ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან *. (iv) შესაბამის სფეროში წინარე ნაშრომი/პუბლიკაცია ან/და სამეცნიერო-კვლევით პროექტებსა და ღონისძიებებში მონაწილეობა ან/და შესაბამის სფეროში მუშაობის არანაკლებ 2 წლიანი გამოცდილება. (v) კვლევის თეზისი/პროექტი . სხვა დარგის მაგისტრის ხარისხის შემთხვევაში (i)-ში მითითებული ჩამონათვალიდან: – 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 ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედ დარგობრივ კომისიასთან. *გასაუბრებაზე მისასალმებელია პროგრამის ხელმძღვანელებისა და
--	--



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	განმახორციელებელი პერსონალის დასწრება სათათბირო ხმის უფლებით, მათ შორის დისტანციურადაც ონლაინ რეჟიმში. სადოქტორო მისაღები გამოცდის პროგრამა იხილეთ დანართში.
საგანმანათლებლო პროგრამის მიზანი	სადოქტორო პროგრამის მიზანია - საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი, მაღალი კვალიფიკაციის მეცნიერის მომზადება ფიზიკის დარგში, კერძოდ კი მოდულების შესაბამის ქვემომართულებებში: თეორიული ფიზიკა; ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკა; პლაზმის ფიზიკა; ასტროფიზიკა; კონდენსირებული გარემოს ფიზიკა; მიკრო- და ნანო-ელექტრონიკა; რადიოფიზიკა, გამოყენებითი ელექტროდინამიკა; გეოფიზიკა, არაწრფივი მოვლენების ფიზიკა; ატომის ფიზიკა; ბიოფიზიკა. - მომზადდოს ფიზიკის დოქტორი, რომელიც შეძლებს: - დამოუკიდებელ სამეცნიერო და კვლევით, აკადემიურ მუშაობას; - ინოვაციური კვლევის დამოუკიდებლად დაგეგმვას, განხორციელებასა და ზედამხედველობას; - ახალი ცოდნის შექმნაზე ორიენტირებული კვლევითი და ანალიტიკური, თეორიული, ექსპერიმენტული, რიცხვითი გათვლების მეთოდებისა და მიდგომების შემუშავებას; - სერიოზული კვლევითი პროექტების შემუშავებას და მართვას დამოუკიდებლად; - უახლეს მიღწევებზე დამყარებული ცოდნის საფუძველზე ახალი იდეებისა და მეთოდების განვითარებას სწავლისა და საქმიანობის, მათ შორის კვლევის პროცესში. - ფიზიკის სხვადასხვა დარგების მდგრადი განვითარების ხელშეწყობა მასში ახალგაზრდა კადრების მოზიდვისა და დამკვიდრების გზით. მოდულების მიხედვით შემოთავაზებული სამეცნიერო თემატიკა დეტალურად და განმახორციელებელი პერსონალი იხილეთ დანართში. კერძოდ შემოთავაზებულია შემდეგი სამეცნიერო თემები: მოდული 1.1. - მათემატიკური ფიზიკის მეთოდები (Methods of Mathematical Physics). - ფარდობითობის ზოგადი თეორია და გრავიტაციის ალტერნატიული მოდელები (General Relativity and Alternative Models of Gravitation). - კვანტური ველები გამრუდებულ სივრცეებში (Quantum Fields in Curved Spaces). - ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის კოსმოლოგიური ასპექტები (Cosmological Aspects of Elementary Particle Physics). - ველის/სიმების თეორია (Fields/String Theory). მოდული 1.2 მოდული კომპლექსურია და ეხმარება ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის თეორიულ და ექსპერიმენტულ ასპექტებს.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	ქვემოდული 1.2.1 ეხება კვანტური ველების და ელემენტარული ნაწილაკების თეორიის ამოცანებს. • კვანტური ველების თეორიის მეთოდები. • კვანტური ქრომოდინამიკა მესერზე და ეფექტური ველის თეორიები. • დაბალგანზომილებიანი სისტემები, გრაფენის ტიპის ორ-განზომილებიანი მესერების კვლევა. ქვემოდული 1.2.2 ეხება ამოცანებს, რომლებიც უკავშირდება თანამედროვე ექსპერიმენტულ კვლევებს ნაწილაკების ფიზიკაში, კერძოდ: ასტრონაწილაკებისა და ნეიტრინოს ფიზიკა (I), სპინის ფიზიკა და ედმ მიება (II), ცერნის დიდ ადრონულ კოლაიდერზე მიმდინარე კვლევები (III). • ნეიტრინოს თვისებების და ასტროფიზიკურ ობიექტებში მიმდინარე მაღალი ენერგიის პროცესების შესწავლა KM3NeT ნეიტრინული ტელესკოპის საშუალებით. • ელექტრული დიპოლური მომენტის მიება იულიხის COSY ამაჩქარებელზე. • ATLAS ექსპერიმენტის პროგრამის ფარგლებში ტოპ კვარკის ფიზიკის და ტაილ კალორიმეტრის მახასიათებლების კვლავები. • ლეპტონური არომატის დარღვევის შესწავლა ექსპერიმენტ COMET-ში. მოდული 1.3 პროგრამა მოიცავს პლაზმის ფიზიკის თანამედროვე აქტუალურ ამოცანებს: 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 პროგრამა მოიცავს თეორიული ასტროფიზიკის ფართო სპექტრს: 1. დიდ-მასშტაბიანი ველების და რეგულარული სტრუქტურების ფორმირება ასტროფიზიკურ გარემოებში. 2. ასტროფიზიკური დინებით ინდუცირებული გრიგალობისა და ტალღების ბმების მოვლენები დისკი-ჟავლი (ჯეტი) სისტემებში. 3. ვარსკვლავთა ატმოსფეროების მრავალმასშტაბიანი დინამიკა. მოდული 1.5 პროგრამა მოიცავს კონდენსირებული გარემოს ფიზიკის ფართო სპექტრს: 1. მაგნიტური ოქსიდების და ნახევარგამტარების დაბალგანზომილებიანი სტრუქტურები. 2. მაღალტემპერატურული ზეგამტარობა. 3. მაგნეტიზმი. 4. სპინტრონიკა. 5. პოლიკრისტალური და ნანოზომის მქონე მაგნეტიკების შესწავლა მაგნეტორეზონანსული მეთოდებით.
--	---



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მოდული 1.6 ამ მოდულის ძირითადი მიზანია დაბალ-ტემპერატურატურული ტექნოლოგიების კვლევა და განვითარება მიკრო და ნანო-ელექტრონული მოწყობილობების ელემენტებისა და მასალების შესაქმნელად.

1. იმს-ის ელემენტების შექმნის დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიური პროცესების კვლევა და დამუშავება.
2. იონური ლეგირების პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები.
3. ზომითი შეზღუდვებისა და ბალისტიკური ტრანსპორტის პროცესების კვლევა და დამუშავება.

მოდული 1.7

1. ელექტრომაგნიტური და სითბური ამოცანების მოდელირება.
2. გეოფიზიკური ამოცანების მოდელირება.
3. კოჰერენტული სტრუქტურების და ტურბულენტობის რიცხვითი მოდელირება და სიგნალების ანალიზი რადიოფიზიკის მეთოდებით.
4. არაწრფივი ტალღური პროცესების რიცხვითი მოდელირება გამოყენებითი ფიზიკის ამოცანებში.

მოდული 1.8

1. ბრუნვითი იზომერიზაციის გამოკვლევა ჰილ-შრედინგერის განტოლების საფუძველზე.
2. ორი ბმული არაწრფივი ნანო-ელექტრომექანიკური ვიბრატორის რხევითი მახასიათებლების სრული გამოკვლევა.
3. სუპერპარამაგნიტური მაკროსისტემების კალორიული და მაგნიტოკალორიული თვისებების თეორიული გამოკვლევა.
4. ლოკალიზებული არაწრფივი ტალღები ოპტიკურ და მაგნიტურ ნანოსტრუქტურებში.

მოდული 1.9

1. ჰელიუმის ატომის ორჯერადი იონიზაცია ელექტრონებით.
2. მრავალელექტრონიანი ატომების ორჯერადი იონიზაცია ელექტრონებით.
3. ჰელიუმის ატომის აგზნება-იონიზაცია ელექტრონებით.
4. ორატომიანი მოლეკულების მახასიათებელი პარამეტრების გამოთვლა კულონურ სფეროიდალურ ბაზისში.

მოდული 1.10

1. ბიოპოლიმერების (დნმ, ცილები), მათი კომპლექსების, ბაქტერიოფაგების სივრცული სტრუქტურის ფიზიკური მეთოდებით კვლევა.
2. ბაქტერიებზე სხვადასხვა ანტიმიკრობული აგენტების მოქმედების მექანიზმების კვლევები.
3. წამლის გადამტანი ნაწილაკებისა (ფოსფოლიპიდური ლიპოსომების DPPC, DPPC,



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	PLGA ნაწილაკები და სხვა) და მათთან მყოფი ბიოლოგიურად აქტიური მოლეკულების კომპლექსში მყოფი ნანონაწილაკების დამზადება და მათი სტრუქტურის ფიზიკური მეთოდებით კვლევები. ისევე გათვალისწინებული იქნება რთული ნაწილაკების თეორიული კვლევა და მათი სტრუქტურის მოდელების შექმნა. შესწავლილი იყოს ამ ნანონაწილაკების ბაქტერიულ უჯრედზე ურთიერთქმედების მექანიზმები. 4. შესაბამისი მოდელოური ნანომეტრის განზომილების ანსამბლების ისეთ თერმოდინამიკური, ფუნქციურ-კინეტიკურ და მექანიზმური ასპექტების კვლევები, როგორებიცაა სტრუქტურული სტაბილობა და ფლექსიბილობა.
სწავლის შედეგები	
ცოდნა და გაცნობიერება	ფიზიკის დოქტორს შეუძლია დარგის უახლეს მიღწევებზე დამყარებული ღრმა და მრავალმხრივი ცოდნის საფუძველზე 1.1 აწარმოოს მაღალი დონის სამეცნიერო კვლევები ფიზიკის მიმართულებით, როგორც საკუთარ ასევე მომიჯნავე ქვედარგებში 1.2 ეფექტურად აწარმოოს პედაგოგიური საქმიანობა ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის
უნარები	ფიზიკის დოქტორს შეუძლია 2.1 დარგის აქტუალური პრობლემების იდენტიფიცირება და მისი გადაწყვეტის გზების განსაზღვრა ექსპერიმენტული და (როგორც ლაბორატორიულ, ისე რიცხვითში) და თეორიული მეთოდების გამოყენებით; 2.2 ფიზიკის ამოცანებისთვის თეორიული კვლევების/გამოთვლების, და ლაბორატორიული ექსპერიმენტების, ჩატარება და შედეგების ინტერპრეტაცია; 2.3 ფიზიკის ამოცანებისთვის კომპიუტერულ მოდელოებასა და რიცხვით ექსპერიმენტების ჩატარება; ამ ამოცანებისათვის პროგრამული პაკეტების შექმნა; 2.4 საკუთარი მიდგომების, კონცეფციების და სამეცნიერო შედეგების დაინტერესებულ აუდიტორიასთან საჯაროდ წარდგენა და დაცვა; 2.5 კვლევითი საქმიანობის ფარგლებში ეფექტური თანამშრომლობა მულტი- და ინტერდისციპლინურ გუნდში, განსხვავებული ტიპის აუდიტორიასთან ეფექტური კომუნიკაცია; 2.6 აკადემიური კეთილსინდისიერების დაცვით მაღალი ხარისხის სამეცნიერო პროდუქტის შექმნა მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში გამოქვეყნებული სამეცნიერო ნაშრომების სახით.
პასუხისმგებლობა და ავტონომიურობა	ფიზიკის დოქტორს შეუძლია: 3.1 პრობლემის გადაჭრისათვის სწორი და ეფექტური გადაწყვეტილების დამოუკიდებლად მიღება; თეორიული კვლევის, ფიზიკური ექსპერიმენტების დამოუკიდებლად დაგეგმვა და ჩატარება; 3.2 აკადემიური კეთილსინდისიერებისა და ეთიკური ნორმების დაცვით კვლევითი პროექტების დამოუკიდებლად შემუშავება და მართვა.
სწავლება -სწავლის	პროგრამის მიზნების და დასახული შედეგების მიღწევის უზრუნველყოფა



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მეთოდები	<u>ხორციელდება სწავლებისა და სწავლის შემდეგი მეთოდებით / საშუალებებით / მიდგომით:</u> • სალექციო კურსები, პრაქტიკული, ჯგუფური მეცადინეობები, ლაბორატორიული სამუშაოები, სემინარები, ლაბორატორიული და რიცხვითი ექსპერიმენტები; • ინდივიდუალური და ჯგუფური დავალებები; სასწავლო პრაქტიკული სამუშაოები, • სასწავლო და სამეცნიერო მასალების დამუშავება როგორც ბიბლიოთეკებიდან, ასევე online წყაროებიდან; • უახლესი სამეცნიერო და კვლევითი მეთოდების დაუფლება და დამოუკიდებელი კვლევითი უნარების განვითარება გამოცდილ მკვლევარებთან ერთობლივ მუშაობაში/კვლევებში ჩართვით. • სამეცნიერო სტატიების კვლავიციურ დონეზე წაკითხვა და გადმოცემა სემინარებზე და ლექციებზე. • სამეცნიერო მივლინებები მსოფლიოს წამყვან უნივერსიტეტებსა ცენტრებში. <u>სხვადასხვა საგნობრივ კურსში გამოიყენება მეთოდები</u> • ზეპირსიტყვიერი (ლექცია) • წიგნზე მუშაობის მეთოდი. • დისკუსია, მსჯელობა. • პრობლემებზე დაფუძნებული სწავლება. • პრეზენტაცია, ილუსტრაცია.. • დედუქცია, ანალიზი, სინთეზი. • პრაქტიკული-კვლევითი მეთოდები • შემთხვევის ანალიზი • გონებრივი იერიში (Brain storming) • ახსნა-განმარტებითი მეთოდი
შეფასების სისტემა	სასწავლო კომპონენტის შეფასება: (A) ფრიადი – შეფასების 91-100 ქულა; (B) ძალიან კარგი – მაქსიმალური შეფასების 81-90 ქულა; (C) კარგი – მაქსიმალური შეფასების 71-80 ქულა; (D) დამაკმაყოფილებელი – მაქსიმალური შეფასების 61-70 ქულა; (E) საკმარისი – მაქსიმალური შეფასების 51-60 ქულა. (F) ორი სახის უარყოფითი შეფასება: (FX) ვერ ჩააბარა – მაქსიმალური შეფასების 41-50 ქულა, რაც ნიშნავს, რომ სტუდენტს ჩასაბარებლად მეტი მუშაობა სჭირდება და ეძლევა დამოუკიდებელი მუშაობით დამატებით გამოცდაზე ერთხელ გასვლის უფლება; (F) ჩაიჭრა – მაქსიმალური შეფასების 40 ქულა და ნაკლები, რაც ნიშნავს, რომ სტუდენტის მიერ ჩატარებული სამუშაო არ არის საკმარისი და მას საგანი ახლიდან აქვს შესასწავლი. საგანმანათლებლო პროგრამის კომპონენტში, FX-ის მიღების შემთხვევაში უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულება ვალდებულია დამატებითი გამოცდა დანიშნოს დასკვნითი გამოცდის



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	შედეგების გამოცხადებიდან არანაკლებ 5 დღეში. სადისერტაციო ნაშრომის შეფასება ხდება საერთო/საუნივერსიტეტო სტანდარტის შესაბამისად: დისერტაციის საბოლოო შეფასებისათვის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კომისიას გამოყავს ქულათა საშუალო არითმეტიკული, რომელსაც შეუფარდებს შეფასებას შემდეგი სისტემის მიხედვით: ფრიადი (summa cum laude) – შესანიშნავი ნაშრომი - შეფასების 91-100 ქულა; ძალიან კარგი (magna cum laude) – შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს ყოველმხრივ აღემატება - მაქსიმალური შეფასების 81-90 ქულა; კარგი (cum laude) – შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს აღემატება - მაქსიმალური შეფასების 71-80 ქულა; საშუალო (bene) – საშუალო დონის ნაშრომი, რომელიც წაყენებულ ძირითად მოთხოვნებს აკმაყოფილებს - მაქსიმალური შეფასების 61-70 ქულა; დამაკმაყოფილებელი (rite) – შედეგი, რომელიც, ხარვეზების მიუხედავად, წაყენებულ მოთხოვნებს მაინც აკმაყოფილებს - მაქსიმალური შეფასების 51-60 ქულა; არადამაკმაყოფილებელი (insufficient) – არადამაკმაყოფილებელი დონის ნაშრომი, რომელიც ვერ აკმაყოფილებს წაყენებულ მოთხოვნებს მასში არსებული მნიშვნელოვანი ხარვეზების გამო - მაქსიმალური შეფასების 41-50 ქულა; სრულიად არადამაკმაყოფილებელი (sub omni canone) – შედეგი, რომელიც წაყენებულ მოთხოვნებს სრულიად ვერ აკმაყოფილებს - მაქსიმალური შეფასების 40 ქულა და ნაკლები.
დასაქმების სფეროები	სწავლის დამთავრების შემდეგ ფიზიკის დოქტორს შეუძლია კვლევითი და აკადემიური საქმიანობის განხორციელება ფიზიკისა და მის მომიჯნავე დარგებში, მათ შორის ინტერდისციპლინური მიმართულებით; ასევე განათლების მეცნიერებების მიმართულებით და განათლების სისტემაში როგორც საქართველოში, ასევე საზღვარგარეთ: • აკადემიური, კვლევითი და ტექნოლოგიური ორგანიზაციები, • კავშირგაბმულობის სისტემები, • საინჟინრო და სამშენებლო ორგანიზაციები, • საგანმანათლებლო ცენტრები, • სამედიცინო დაწესებულებები და დიაგნოსტიკური ცენტრები, კომპიუტერული კომპანიები, • მართვისა და საბანკო სისტემები, • თავდაცვისა და შინაგან საქმეთა სამინისტროების უწყებები, • სამთავრობო და არასამთავრობო დაწესებულებები.
სწავლის საფასური საქართველოს მოქალაქე და უცხო ქვეყნის მოქალაქე სტუდენტებისათვის	2250 ლარი თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის გადაწყვეტილებით სტანდარტული გადასახადი (2250 ლარი) შემცირებულია და შეადგენს: I-VI სემესტრი - 300 ლარი წლიურად (150 ლარი სემესტრულად); დამატებითი სემესტრები - 600 ლარი წლიურად (300 ლარი სემესტრულად).
პროგრამის განხორციელებისათვის ს საჭირო ადამიანური და მატერიალური რესურსი	პროგრამა ძირითადად ხორციელდება თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ფიზიკის დეპარტამენტის აკადემიური პერსონალის მიერ. პროგრამაში ასევე ჩართულია თსუ სამეცნიერო ინსტიტუტებისა და მემორანდუმით დაკავშირებული სამეცნიერო ცენტრების პერსონალი (იხ.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

	დანართი 2) მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა -თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების ფაკულტეტის • აუდიტორიები და კომპიუტერული კლასები პროექტორებით • თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ბიბლიოთეკა • ფიზიკის დეპარტამენტის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიები (დეტალური აღწერა იხ, დანართი 2 ა) <i>გამოიყენება ასევე</i> • თსუ ელევთერ ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტის • თსუ ანდრია რაზმაძის სახელობის მათემატიკის ინსტიტუტის • თსუ მიხეილ ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის, • თსუ გამოყენებითი მათემატიკის ინსტიტუტის • სტუ კიბერნეტიკის ინსტიტუტის (მემორანდუმის საფუძველზე) • საქართველოს ე. ხარაძის აბასთუმნის ობსერვატორიის (მემორანდუმის საფუძველზე) <i>მატერიალურ-ტექნიკური და საბიბლიოთეკო ბაზები</i>
პროგრამის ფინანსური უზრუნველყოფა	იხ. პროგრამის ბიუჯეტი (დანართი 11)
დაცვაზე დაშვების წინაპირობა	• სასწავლო კომპონენტისათვის განკუთვნილი კრედიტების სრულად ათვისება (60 კრედიტი); • სადისერტაციო თემასთან დაკავშირებული სამი სამეცნიერო პუბლიკაციის გამოქვეყნება რეფერირებად/რეცენზირებად ჟურნალებში, მათ შორის ორი მაინც Clarivate Analytics-ის Web of Science-ში ინდექსირებულ დადებითი იმპაქტ-ფაქტორის მქონე ჟურნალში; • სამეცნიერო ხელმძღვანელის და შესაბამისი კომისიის მიერ შესრულებულად მიჩნეული ორი სამეცნიერო კვლევითი პროექტი.
დანატებითი ინფორმაცია	პროგრამა ხორციელდება მაღალი კვალიფიკაციის პერსონალის მიერ რომელთაც აქვთ სამეცნიერო პუბლიკაციების მაღალრეიტინგულ (მაღალი იმპაქტ ფაქტორის მქონე ჟურნალებში) და ანხორციელებენ მნიშვნელოვან სამეცნიერო პროექტებს



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

#დარგობრივი ცოდნის თანამედროვე მიღწევებზე დამყარებული ცოდნის საფუძვლების მიღების შედეგად დოქტორანტმა, უნდა წარმოადგინოს 2 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 / ელემენტარული 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, გამოიმუშაოს 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 საწყისევე ეტაპზე მას შეიძლება გამოუმუშავდეს <i>ძირითადი კომპეტენციები</i>.													
5	მეცნიერების მენეჯმენტი	5	15	30			78	2	125				ბ. ჯედაშვილი
6	სწავლა/სწავლების მეთოდები და სტრატეგიები	5	30	30			65		125				ე. ჯინერია
7	SPSS	5	30	15			77	3					ზ. ხერინაშვილი
8	კვლევის სტატისტიკური მეთოდები	10	30	45			170	5	250				ო. ფურთუხია
9	რომელიმე საგანი სხვა მოდულიდან	5											
\$ სავალდებულო არჩევითი კურსები მოდულებისათვის 1.1. და 1.2 (5 კრედიტი კვლევის მეთოდოლოგია დამატებით ზემოთმოცემულ სავალდებულო კურსთან)* *დოქტორანტი სავალდებულო არჩევით კურსს ირჩევს კვლევითი თემის მიხედვით პროგრამის ხელმძღვანელთან და ფიზიკის დეპარტამენტში ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის წარმომადგენელთან შეთანხმებით.													
10	კვლევის თანამედროვე მეთოდები ნაწილაკთა ფიზიკაში (Modern Particle Physics)	5	30	15			73	7	125		+	+	მერაბ გოგბერაშვილი
11	ძლიერი ურთიერთქმედების თანამედროვე საკითხები (Selected Topics in Strong Interactions)	5	30	15			73	7	125		+	+	აკაკი რუსეცვი
12	მონაცემთა ანალიზის თანამედროვე მეთოდები (Advanced Data Analysis)	5	30	0	30	0	58	7	125		+	+	მირიან ტაბიძე
13	ველის კვანტური თეორიის აქტუალური საკითხები (Advanced Quantum Field Theory)	5	30	0	30	0	58	7	125		+	+	მერაბ ელიაშვილი, გიორგი ციციშვილი



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

14	მათემატიკური ფიზიკის უახლესი მეთოდები (Modern Trends in Mathematical Physics)	5	30	15	0	0	73	7	125		+	+	მერაბ გოგბერაშვილი, გრიგორ გიორგაძე
15	კვლევის მეთოდები ასტრონაწილაკების ფიზიკაში (Astro-particle Physics)	5	30	15	0	0	73	7	125				რევაზ შანიძე
& არჩევითი სასწავლო კომპონენტები მოდულებისათვის 1.1. და 1.2 (10 კრედიტი) * <i>*დოქტორანტს არჩევით სასწავლო კომპონენტში 10 ECTS კრედიტი შეუძლია დააგროვოს ამ მოდულებისათვის ჩამოთვლილი სავალდებულო არჩევითი და არჩევითი სასწავლო კურსებიდან</i>													
16	გრაფიკაცია	5	30	15	0	0	73	7	125				მერაბ გოგბერაშვილი
17	სკირმიონები	5	30	15	0	0	73	7	125				გიორგი ციციშვილი
18	ინტერგებადი მოდელები სიმების თეორიაში	5	30	15	0	0	73	7	125				გიორგი ჯორჯაძე
19	კოსმოლოგია	5	30	15	0	0	73	7	125				მერაბ გოგბერაშვილი
20	ფიზიკა სტანდარტულ მოდელში და მის მიღმა	5	30	0	15	0	73	7	125				გელა დევიძე
21	ნეიტრინული ფიზიკა და ასტროფიზიკა	5	30	15	0	0	73	7	125				რევაზ შანიძე
	გაღრმავებული მოკლე სასწავლო კურსები (22,23,24)												
22	ინტეგრალური ტრანსფორმაციების გასწვრივ	3	12	6	0	0	50	7	75				აკაკი რუსეცვი
23	რელატივისტური კინემატიკა	3	12	0	6	0	50	7	75				ნოდარ ლომიძე
24	მაღალი ენერგიების ექსპერიმენტების მოდელირება GEANT4 საშუალებით	3	14	0	14	0	40	7	75				მირიან ტაბიძე

დოქტორანტის ინდივიდუალური სასწავლო გეგმის შემუშავება ხორციელდება ყოველი სემესტრის დასაწყისში დოქტორანტის უშუალო ხელმძღვანელთან შეთანხმებით.

პროგრამის ხელმძღვანელის / ხელმძღვანელების / კოორდინატორის ხელმოწერა _____

ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის უფროსის ხელმოწერა _____

დეპარტამენტში ფაკულტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის წარმომადგენლის ხელმოწერა _____

ფაკულტეტის სასწავლო პროცესის მართვის სამსახურის უფროსის ხელმოწერა _____



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ფაკულტეტის დეკანის ხელმოწერა _____

უნივერსიტეტის ხარისხის უზრუნველყოფის სამსახურის უფროსის ხელმოწერა _____

თარიღი _____

ფაკულტეტის ბეჭედი

სემინარი – ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა 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 / 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.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

დოქტორანტის სასემინარო ნაშრომის შეფასების სისტემა იხ. დანართში 2.

სამეცნიერო - კვლევითი პროექტი - სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის წინაპირობას წარმოადგენს სადისერტაციო ნაშრომთან დაკავშირებული მინიმუმ 2 სამეცნიერო-კვლევითი პროექტი. დოქტორანტი წინამდებარე პროექტის ბეჭდურ და ელექტრონულ ვერსიებს სამეცნიერო ხელმძღვანელის რეკომენდაციის საფუძველზე წარუდგენს ფაკულტეტს. სამეცნიერო-კვლევითი პროექტის ზეპირი განხილვა/პრეზენტაცია ჩატარდება პროგრამის ხელმძღვანელის, დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელის და შესაბამისი ფაკულტეტის წარმომადგენლების ჩართულობით.

პროგრამის დოქტორანტები ვალდებული არიან ზუსტ და საბუნებრივ მეცნიერებათა ფაკულტეტის ყოველწლიურ სტუდენტურ და საფაკულტეტო კონფერენციაზე წარმოადგინონ სემინარისა და სამეცნიერო-კვლევითი პროექტის ფარგლებში მოხსენებები. კონფერენციებისათვის ფაკულტეტის მიერ სპეციალურად შექმნილ ვებ-გვერდებზე, დოქტორანტებმა უნდა ატვირთონ შესაბამისი მოხსენების თეზისები, რათა გაეცნოს ყველა დაინტერესებული მხარე.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მისაღები გამოცდის პროგრამა

გამოცდა ტარდება წერითი და ზეპირი კომპონენტებით, საერთო შეფასება - 100 ქულა,

აქედან: წერითი კომპონენტის შეფასებაა 40 ქულა, ზეპირი კომპონენტის კი - 60 ქულა.

გამოცდას იბარებს ფაკულტეტის ფიზიკის სადისერტაციო მუდმივმოქმედი დარგობრივი კომისია

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 მერხვე 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 & Saffco; "Classical Mechanics". 3-d ed. Addison 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



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

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 სტატისტიკური 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

- 8. მ. მირიანაშვილი. *ზოგადი ფიზიკის კურსი. ნაწილი მეორე*. 1966.
- 9. ა. უგულავა, მ. ვერულაშვილი, ზ. როსტომაშვილი. *სტატისტიკური ფიზიკა*. 2005
- 10. В.Г. Левич. *Курс теоретической физики. том 1*. 1969
- 11. 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 სიბუთური 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 მანძილებზე; მუხტების ველი ახლო მანძილებზე.



სსიპ-ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

III.4.2. დიპოლური გამოსხივება. დამუხრუჭებითი გამოსხივება.

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

ლიტერატურა

12. ვეფხვაძე გალინა. *ზოგადი ფიზიკის კურსი, ელექტრობა*. თბილისი, თსუ, 1995.
13. Берклевский курс физики - Парселл Э. *Электричество и магнетизм*. М.: Наука, 1975.
14. Матвеев А. Н. *Электричество и магнетизм*. М.: Высшая школа, 1983.
15. J.D. Jackson. *"Classical Electrodynamics"*. J. Wiley & Sons. Inc.
16. გალინა ვეფხვაძე. *ოპტიკა*, თსუ, 1998 წ.
17. Д. В. Сивухин. *Общий курс физики. Оптика*. М.: Наука, 1985.
18. Г.С. Ландсберг. *Оптика*, М., 1976.
19. А.Н. Матвеев, *Оптика*, М., «Высшая школа», 1985
20. 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:

21. ჯ. მეზონია, *ატომური ფიზიკა*, თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 2002.
22. გ. მირიანაშვილი, *ატომური ფიზიკა*, თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1988.
23. ი. ვაშაკიძე, ვ. მამსახლისოვი, გ. ჭილაშვილი, *კვანტური მექანიკა*, თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1978.
24. А. С. Давыдов, *Квантовая Механика*, Издательство «Наука», Москва, 1973.
25. З. 3. Флюге, *Задачи по Квантовой Механике*, Издательство «Мир», Москва, 1974.
26. გ. ჭილაშვილი, *ორი და სამი ნაწილაკის კვანტური მექანიკა*, თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1978.
27. А. Мессия, *Квантовая Механика*, том 1, Издательство «Наука», Москва, 1978.
28. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Квантовая Механика*, Издательство «Наука», Москва, 1984.