



Opis kolegija doktorskog studija Fizika

Opće informacije		
Nositelj predmeta	Ivana Jelovica Badovinac	
Naziv predmeta	Pretražna elektronska spektroskopija	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	7
	Broj sati (P+V+S)	10+30+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Stjecanje naprednih znanja iz elektronske mikroskopije, građe pretražnih elektronskih mikroskopa, snimanja kvalitetnih SEM slika. Razvijanje osjećaja i interesa za mjerenje.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Uvjet za upis kolegija je završen odgovarajući diplomski studij, odnosno regularno upisan doktorski studij Fizika.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Nakon položenog ispita student će biti u stanju samostalno provesti SEM istraživanje na različitim vrstama uzoraka, odnosno primijeniti stečena teorijska znanja u praksi.

1.4. Sadržaj predmeta

Osnove pretražne elektronske mikroskopije. Uvod. Rezolucija. Interakcija elektrona s uzorkom. Sekundarni elektroni. Povratno raspršeni elektroni. Karakteristične rendgenske zrake. Augerovi elektroni. Transmitirani elektroni. Katodoluminiscencija. Dijelovi pretražnog elektronskog mikroskopa. Vrste elektronskih topova. Elektronske leće i zavojnice. Detektori. Vakuumski sustav. Stvaranje SEM slike. Osnovni parametri SEM slike. Povećanje i dubina fokusa. Kvaliteta slike. Posljedice nabijanja uzorka. EDS (Energy-Dispersive X-Ray Spectrometer) analiza. Priprema uzoraka. Priprema nevodljivih i bioloških materijala za SEM. Fiksacija i metode sušenje uzoraka. Dehidracija i sušenje na zraku. Sušenje zamrzavanjem. Sušenje pomoću kritične točke. Oblaganje nevodljivih materijala tankim vodljivim slojem. Karakteristike mikroskopa u Laboratoriju za fiziku površina i materijala: JEOL JSM-7800F, pretražni elektronski mikroskop s emisijom polja. Primjeri iz prakse.

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij
- mentorski rad
- ostalo

1.6. Komentari

1.7. Obveze studenata

Student je dužan prisustvovati predavanjima u skladu s Pravilnikom o studiju.



1.8. Praćenje¹ rada studenata

Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	1.5	Eksperimentalni rad	2.0
Pismeni ispit		Usmeni ispit	1.5	Esej		Istraživanje	2.0
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Detaljna razrada načina praćenja i ocjenjivanja rada studenata bit će prikazana u izvedbenom planu predmeta.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, David C. Joy, Charles E. Lyman, Patrick Echlin, Eric Lifshin, Linda Sawyer, J.R. Michael. *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis: Third Edition*, Springer Science & Business Media, 2012.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, Patrick Echlin, David C. Joy, Charles Fiori, Eric Lifshin, *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: A Text for Biologists, Materials Scientists, and Geologists*, Springer, 1992.
2. Joseph I. Goldstein, Harvey Yakowitz, *Practical Scanning Electron Microscopy*, Springer, 1975.
3. L. Reimer, *Scanning Electron Microscopy — Physics of Image Formation and Microanalysis*, Springer, 1985.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, David C. Joy, Charles E. Lyman, Patrick Echlin, Eric Lifshin, Linda Sawyer, J.R. Michael. <i>Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis: Third Edition</i> , Springer Science & Business Media, 2012.	1	0
Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, Patrick Echlin, David C. Joy, Charles Fiori, Eric Lifshin, <i>Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis: A Text for Biologists, Materials Scientists, and Geologists</i> , Springer, 1992.	1	0
Joseph I. Goldstein, Harvey Yakowitz, <i>Practical Scanning Electron Microscopy</i> , Springer, 1975.	1	0
L. Reimer, <i>Scanning Electron Microscopy — Physics of Image Formation and Microanalysis</i> , Springer, 1985.	1	0

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

S obzirom na očekivani mali broj studenata i većinom mentorski rad, kvaliteta rada pratit će se u neposrednoj interakciji sa studentima te praćenjem implementacije stečenog znanja u budućem znanstvenom radu studenata (broj znanstvenih publikacija).

¹ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Katja Džepina	
Naziv predmeta	Atmosferska kemija	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	35 + 0 + 10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Cilj predmeta je razvijanje radnog znanja o primjeni kemijskih principa na atmosferu, te upoznavanje raznih područja atmosferske kemije s značajnim utjecajem na klimu, zagađenje zraka i zdravlje.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Opća kemija, fizika, matematika. Završeni diplomski studij prirodnih znanosti.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Po završetku kolegija student će imati savladane osnove o kemijskom sastavu atmosfere, promjeni spojeva u atmosferi, važnosti atmosferskih spojeva za klimu, ljudsko zdravlje i okoliš, te zagađenju zraka.

1.4. Sadržaj predmeta

Sastav atmosfere, atmosferski tlak, jednostavni modeli, atmosferski transport, geokemijski ciklusi, efekt staklenika, fotokemija, kemija troposfere i stratosfere, atmosferski aerosoli, kisela kiša, utjecaj zagađenja na zdravlje i okoliš.

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij
- mentorski rad
- ostalo

1.6. Komentari

1.7. Obveze studenata

Studenti su obvezni pohađati predavanja i vježbe. Tijekom kolegija studenti će dobiti domaće zadaće koje će riješiti u zadanom roku (obično tjedan dana), te će se održati dva pismena ispita. Također studenti će obraditi temu iz atmosferske kemije po svom izboru dva znanstvena rada i prezentirati ju tijekom semestra.

1.8. Praćenje² rada studenata

Pohađanje nastave	Da	Aktivnost u nastavi	Da	Seminarski rad	Da	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit	Da	Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

² **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



25% aktivnost na nastavi; 25% seminarski rad; 25% domaće zadaće; 25% ispiti

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Daniel J. Jacob: Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 1999.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Barbara J. Finlayson-Pitts and James N. Pitts: Chemistry of the upper and lower atmosphere: Theory, experiments, and applications, Academic Press, 2000.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

<i>Naslov</i>	<i>Broj primjeraka</i>	<i>Broj studenata</i>
Daniel J. Jacob: Introduction to Atmospheric Chemistry	Knjiga je dostupna on line: http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/	

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Studenti se upućuju na aktivnu i konstruktivnu diskusiju s voditeljicom kolegija tijekom predavanja i seminara. Izvan nastavnog vremena voditeljica kolegija biti će dostupana za konzultacije svakodnevno unutar dogovorenih termina, te izvan radnih sati preko emaila i telefona.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Doc.dr.sc. Slaven Jurković	
Naziv predmeta	Radiološka fizika i dozimetrija	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	20+20+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Razumijevanje osnovnih fizikalnih pojmova i relacija vezanih uz izvore ionizirajućeg zračenja i njihovo korištenje u medicini (radioterapija, dijagnostička i intervencijska radiologija). Razumijevanje fizikalnih fenomena vezanih za nastanak ionizirajućeg zračenja i osnovnih mehanizama međudjelovanja ionizirajućeg zračenja s materijom. Usvajanje načela rada električnih uređaja koji proizvode ionizirajuće zračenje te pomoćnih sustava/uređaja koji se koriste u radioterapiji te dijagnostičkoj/intervencijskoj radiologiji. Razumijevanje temeljnih načela rada uređaja za detekciju i mjerenje apsorbirane doze koji se koriste u medicini. Upoznavanje s fizikalnim veličinama kojima se karakteriziraju snopovi zračenja. Student će naučiti koristiti osnovne dozimetrijske uređaje i protokole za određivanje dozimetrijskih veličina koje se koriste u medicini. Student će usvojiti osnovna načela zaštite od zračenja u medicini. Razvijanje vještina znanstvenog istraživanja. Razvijanje pisanih i govornih komunikacijskih vještina te stručnog izražavanja prilikom pisanja seminara te javnog nastupa.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Upisan doktorski studij Fizika.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

1. Ovladati fizikalnim osnovama dijagnostičkih i terapijskih metoda koje se temelje na uporabi ionizirajućeg zračenja
2. Objasniti način rada uređaja koji proizvode ili u radu koriste ionizirajuće zračenje, a koriste se u medicini
3. Razumjeti fizikalne principe na kojima se temelje detekcija ionizirajućeg zračenja i dozimetrija snopova ionizirajućeg zračenja
4. Spoznati ulogu i zadatke fizičara u medicini
5. Razumjeti međudjelovanja različitih vrsta ionizirajućeg zračenja s različitim tkivima u ljudskom organizmu koja su temelj dijagnostičkih i terapijskih metoda u medicini
6. Usvojiti ALARA princip zaštite od zračenja i spoznati važnost razvoja procedura vezanih za siguran rad s izvorima ionizirajućeg zračenja u medicini
7. Primijeniti stečeno znanje na odabrane praktične probleme iz medicinske fizike

1.4. Sadržaj predmeta

1. Osnove radiološke fizike
 - 1.1. Povijesni pregled uporabe ionizirajućeg zračenja u medicini
 - 1.2. Vrste ionizirajućih zračenja i način nastanka
 - 1.3. Međudjelovanje ionizirajućeg zračenja s materijom
 - 1.4. Fizikalne veličine i mjerne jedinice vezane za snopove ionizirajućeg zračenja
 - 1.5. Detekcija ionizirajućeg zračenja i dozimetrija
2. Fizikalne osnove primjene snopova X-zraka u radiološkoj dijagnostici
 - 2.1. Rendgenska cijev, nastanak X- zraka i spektar snopa X-zraka
 - 2.2. Uređaji za planarnu radiografiju, uređaji za posebne namjene (mamografija, dijaskopija, intervencijska radiologija)
 - 2.3. Fizikalni i geometrijski uvjeti za nastajanje slike uporabom X-zraka i značajke snimanog objekta
 - 2.4. Računalna tomografija
 - 2.5. Dozimetrijske veličine u radiološkoj dijagnostici
 - 2.6. Kontrola kvalitete uređaja
 - 2.7. Uloga medicinskog fizičara



3. Fizikalne osnove primjene zračenja u radioterapiji
 - 3.1. Karakteristike snopova ionizirajućeg zračenja koje se koristi za radioterapiju
 - 3.2. Temeljni principi radioterapije
 - 3.3. Uređaji za radioterapiju
 - 3.4. Uređaji za planiranje radioterapije
 - 3.5. Dozimetrija snopova fotona i elektrona koji se koriste u radioterapiji
 - 3.6. Kontrola kvalitete uređaja
 - 3.7. Uloga medicinskog fizičara
4. Temeljna načela i koncepti dozimetrije
 - 4.1. Tok i energija
 - 4.2. Stohastička priroda apsorbirane doze
 - 4.3. Dozimetrijske veličine
 - 4.4. Specifične dozimetrijske veličine vezane za različite radiološke tehnike
 - 4.5. Odnos toka fotona i dozimetrijskih veličina-KERMA-e i apsorbirane doze
 - 4.6. Ravnoteža nabijenih čestica i zaustavna snaga
 - 4.7. Uvod u teoriju šupljine, Bragg-Gray teorija i Spencer-Attixova dopuna
5. Određivanje apsorbirane doze u snopovima koji se koriste u radioterapiji
 - 5.1. N_{DW} koncept određivanja apsorbirane doze
 - 5.2. Međunarodni protokol za određivanje apsorbirane doze u snopovima:
 - 5.2.1. fotona visokih energija
 - 5.2.2. fotona srednjih energija
 - 5.2.3. elektrona visokih energija
 - 5.3. Klinička primjena
6. Zaštita od zračenja u medicini i sustav osiguranja kvalitete
 - 6.1. Načela zaštite od ionizirajućih zračenja
 - 6.2. Specifični aspekti zaštite u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini i dozimetrijski nadzor
 - 6.3. Izračun zaštite pri projektiranju prostorija u kojima su smješteni izvori ionizirajućeg zračenja
 - 6.4. Moguće opasnosti, nezgode i njihovo rješavanje
 - 6.5. Program osiguranja kvalitete uporabe ionizirajućeg zračenja u medicini

1.5. Vrste izvođenja nastave	<input type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input checked="" type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo					
1.6. Komentari							
1.7. Obveze studenata							
Studenti su obavezni aktivno sudjelovati u svim oblicima nastave te steći osnovna teorijska znanja iz radiološke fizike. Također su obavezni izvesti eksperimentalni rad vezan za područje radiološke fizike od interesa te izraditi i prezentirati seminarski rad.							
1.8. Praćenje ³ rada studenata							
Pohađanje nastave	x	Aktivnost u nastavi	x	Seminarski rad	x	Eksperimentalni rad	x
Pismeni ispit		Usmeni ispit	x	Esej		Istraživanje	x
Projekt	x	Kontinuirana provjera znanja	x	Referat		Praktični rad	x
Portfolio							

³ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Ocjenjivanje rada studenata bit će provedeno vrednovanjem teorijskog i eksperimentalnog dijela. U teorijskom dijelu vrednovat će se znanje vezano za opće pojmove i metode radiološke fizike s naglaskom na znanje vezano za područje radiološke fizike koje je od posebnog interesa za studenta. U vrednovanju eksperimentalnog dijela planira se studentima dodijeliti praktične zadatke, svojevrsne male projekte, koje bi oni trebali osmisлити i provesti na uređajima koji proizvode ionizirajuće zračenje u KBC Rijeka koristeći dozimetrijsku opremu Centra za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja. Uvjet za izlazak na usmeni ispit je dobro riješen seminarski zadatak. Tek nakon što je prezentirao rješenje zadatka, student pristupa usmenom dijelu ispita.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. Radiation oncology physics: A handbook for teachers and students: E.B. Podgorsak (Editor); IAEA, Vienna. http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1196_web.pdf
2. Diagnostic radiology physics: A handbook for teachers and students: D.R. Dance (Editor); IAEA, Vienna. <http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564web-82725456.pdf>
3. Nuclear Medicine Physics-A Handbook for Teachers and Students D.L. Bailey (editor), <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1617web-1294055.pdf>

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry: P.H. Attix; Wiley, New York.
2. The physics of radiation therapy: F. M. Kahn; Williams and Williams, Baltimore.
3. IAEA Technical Report Series 398: Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water; IAEA Vienna. http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/trs398_scr.pdf
4. Modern technology of radiation oncology: J. Van Dyk (Editor); Medical Physics Publishing, Madison Wisconsin.
5. Radiation physics for medical physicists: E.B. Podgorsak; Springer, New York.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Radiation oncology physics: A handbook for teachers and students: E.B. Podgorsak (Editor); IAEA, Vienna, 2005.	3	0
Diagnostic radiology physics: A handbook for teachers and students: D.R. Dance (Editor); IAEA, Vienna, 2014.	2	0
Nuclear Medicine Physics-A Handbook for Teachers and Students D.L. Bailey (editor), Vienna, 2014.	2	0

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Stalna interakcija sa studentima, prilagođavanje nastave potrebama i interesima studenata. Praćenje uspješnosti studenata u praktičnoj primjeni usvojenih znanja u svrhu znanstvenog rada.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Marin Karuza	
Naziv predmeta	Eksperimentalne metode kvantne optike	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	15+40+5

1. OPIS PREDMETA		
1.1. Ciljevi predmeta		
Studenti će se tijekom ovog kolegija upoznati sa eksperimentima iz kvantne optike, kvantnim opisom osnovnih optičkih elemenata i tehnikama fotodetekcije. Fotodetektori će biti opisani zajedno sa spektralnom analizom fotostruja.		
1.2. Uvjeti za upis predmeta		
Diploma iz fizike ili srodnih područja.		
1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet		
Nakon položenog kolegija student će moći samostalno		
1. izraditi jednostavan interferometar i odrediti njegavo svojstva		
2. opisati interferometar kroz kvantno mehanički formalizam		
3. postaviti eksperiment za mjerenje pojedinačnih fotona		
4. konstruirati rezonantnu optičku šupljinu i zaključati je		
5. koristiti tehnike homodinu i heterodinu		
6. razumjeti granice osjetljivosti mjerenja u optici		
1.4. Sadržaj predmeta		
1. Klasični model svjetlosti		
2. Kvantni model svjetlosti		
3. Osnovne optičke komponente		
4. Interferometri		
5. Šupljine		
6. Osnovne tehnike fotodetekcije i mjerenja		
1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input checked="" type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____ _____



1.6. <i>Komentari</i>							
1.7. <i>Obveze studenata</i>							
Od studenata se očekuje da postave i izvedu jednostavne eksperimente i napišu izvještaj o svom radu.							
1.8. <i>Praćenje⁴ rada studenata</i>							
Pohađanje nastave	3	Aktivnost u nastavi	1	Seminarski rad	1	Eksperimentalni rad	3
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat	2	Praktični rad	
Portfolio							
1.9. <i>Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu</i>							
Rad studenata će se vrednovati na osnovu izvještaja i kvalitete rada u laboratoriju.							
1.10. <i>Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>							
H. A Bacher, Timothy C. Ralph,, A quide to experiments in quantum optics,WILEY-VCH Verlag GmbH							
1.11. <i>Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>							
A. Garg, Classical Electromagnetism in a Nutshell, Princeton University Press							
1.12. <i>Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu</i>							
		<i>Naslov</i>			<i>Broj primjeraka</i>	<i>Broj studenata</i>	
		<i>H. A Bacher, Timothy C. Ralph,, A quide to experiments in quantum optics,WILEY-VCH Verlag GmbH, 2004</i>			1	0	
1.13. <i>Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija</i>							
Praćenje kvalitete kroz sustav za praćenje kvalitete Odjela za fiziku.							

⁴ **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Nikša Krstulović	
Naziv predmeta	Plazmene tehnologije	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	30+15+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Cilj predmeta je upoznati studente s najnovijim tehnologijama baziranim na uporabi plazme. U tu svrhu bit će dan pregled raznih vrsta plazmi i pokazana njihova fundamentalna fizikalna svojstva (hladna i vruće, slabo i jako ionizirane, termelne i netermalne). Plazme koje će se obrađivati su laserski proizvedene plazme, atmosferski plazmeni mlazovi, dielektrični barijerni izboji i niskotlačne hladne plazme. Pregled primjena ovih plazmi u tehnološke svrhe je slijedeći: sinteza i obrada materijala, analiza uzoraka, tretman i modifikacija površina, sinteza nanočestica i nanoobjekata, coating materijala, funkcionalizacija materijala.

Studentima će biti dan i pregled dijagnostičkih tehnika pomoću kojih se proučavaju ove vrste plazmi s posebnim naglaskom na optičku apsorpcijsku i emisijsku spektroskopiju.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema uvjeta za upis kolegija.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Očekuje se da će studenti naučiti osnovne fizikalne mehanizme nastanka plazmi te načine njihovih primjena u tehnologiji. Studenti će baratati osnovnim fizikalnim pojmovima i veličinama pomoću kojih se opisuju plazme kao što su sastav plazme (elektroni, ioni, atomi, molekule, nanočestice), temperature plazmi, stupanj ionizacije, modovi plazmi. Od primjena plazmi bit će naglasak na razvoj EUV fotolitografije nove generacije, sintezu nanočestica, elementarnu analizu uzoraka, dobivanje visokih harmonika za ultrabrzno oslikavanje objekata, fabriciranje tankih filmova pomoću pulsne laserske depozicije, tretman bioloških uzoraka, uporaba plazmi u tehnologiji hrane i poljoprivredi, industriji i visokim tehnologijama.

1.4. Sadržaj predmeta

- Osnove rada lasera i tipovi lasera (kontinuirani/ms/ns/ps/fs/as)
- Proces laserske ablacije u raznim atmosferama (vakuum, plinovi, atmosfera, tekućine)
- Osnove međudjelovanja lasera s materijom i plazmom (inverzno zakono zračenje, fotoionizacija, sudarni procesi, radijativna rekombinacija, samoapsorpcija)
- Osnove niskotlačnih plazmi
- Osnove atmosferskih plazmenih mlazova
- Osnove atomske i molekularne spektroskopije
- Osnovne detekcijske tehnike za LPP – optička emisijska i apsorpcijska spektroskopija, time-of-flight masena spektrometrija, LPP vizualizacija (iCCD oslikavanje, interferometrija, laserski inducirana fluorescencija, Langmuir proba, Thompsonovo raspršenje, pump-probe tehnike)
- Dinamika LPP
- Računanje elektronskih i atomskih gustoća i temperatura (kvalitativna i kvantitativna analiza LPP)
- Modeli: Calibration-free modeli, sudarni i sudarno-radijativni modeli
- Primjene plazmi u tehnologijama

1.5.

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij



		<input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____			
1.6. <i>Komentari</i>					
1.7. <i>Obveze studenata</i>					
Pohađanje i aktivno sudjelovanje u predavanjima i seminarima, pisanje i prezentiranje seminara (tema po dogovoru), usmeni ispit					
1.8. <i>Praćenje⁵ rada studenata</i>					
Pohađanje nastave	Aktivnost u nastavi	3	Seminarski rad	4	Eksperimentalni rad
Pismeni ispit	Usmeni ispit	3	Esej		Istraživanje
Projekt	Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad
Portfolio					
1.9. <i>Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu</i>					
Ocjenjivat će se aktivnost na predavanjima i seminarima, kvaliteta zadanog seminara i usvojeno znanje iz kolegija na završnom usmenom ispitu.					
1.10. <i>Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>					
1. David A. Cremers and Leon J. Radziemski, Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, John Wiley & Sons, 2006, West Sussex, England 2. Vivek Bakshi, EUV Sources for Lithography, SPIE Press Monograph, 2006 3. T. Pfeifer, C. Spielmann and G. Gerber, Femtosecond X-Ray Science, Rep. Prog. Phys. 69 (2006) 443–505 4. U. Panne, I. Gornushkin, Radiative models of laser-induced plasma and pump-probe diagnostics relevant to laser-induced breakdown spectroscopy, Spectrochimica Acta Part B 65 (2010) 345–359, Review Article 5. G. Yang, Laser ablation in liquids, Pan Stanford Publishing, 2012 6. Ken Ostrikov, Shuyan Xu, Plasma-aided nanofabrication, Wiley, 2007					
1.11. <i>Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>					
Znanstveni članci					
1.12. <i>Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu</i>					
<i>Naslov</i>		<i>Broj primjeraka</i>		<i>Broj studenata</i>	
David A. Cremers and Leon J. Radziemski, Handbook of Laser-Induced Breakdown Spectroscopy		1		0	
Vivek Bakshi, EUV Sources for Lithography		1		0	
T. Pfeifer, C. Spielmann and G. Gerber, Femtosecond X-Ray Science		5		0	
U. Panne, I. Gornushkin, Radiative models of laser-induced plasma and pump-probe diagnostics relevant to laser-induced breakdown spectroscopy		5		0	
G. Yang, Laser ablation in liquids		2		0	
Ken Ostrikov, Shuyan Xu, Plasma-aided nanofabrication		1		0	
1.13. <i>Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija</i>					
Kontinuirano praćenje rada studenata, prilagođavanje teme seminara temi doktorata					

⁵ **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Zdravko Lenac	
Naziv predmeta	Kvantna fizika sustava mnoštva čestica	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	30+15+15

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Objasniti neka opća načela kvantne fizike i opisati njihovu usku povezanost s fizikom mnoštva čestica. Pokazati kako se standardne metode fizike mnoštva čestica (druga kvantizacija i kvantizacija elektromagnetskog polja, Greenove funkcije i Feynman-ovi dijagrami, korelativne i dielektrične funkcije) s uspjehom primjenjuju u rješavanju niza raznorodnih problema fizike kondenzirane materije, i istaknuti da se slične metode s uspjehom koriste i u drugim granam fizike (nuklearna fizika, atomska fizika, fizika elementarnih čestica).

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema uvjeta.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Razviti način razmišljanja kod studenata koji im omogućava da razumiju koji od prikazanih teorijskih modela je pogodan za rješavanje određene klase problema u fizici, kako bi bili u stanju prilagoditi i primijeniti postojeće modele nekom analognom problemu koji sami trebaju riješiti.

1.4. Sadržaj predmeta

Druga kvantizacija. Koherentna stanja. Kvantizacija elektromagnetskog polja. Fotoni i polaritoni. Spinski Hamiltonijan. Greenove funkcije. Feynman-ovi dijagrami. Dyson-ova jednačica. Vlastita energija. Lokalizirano stanje u kontinuumu. Korelativne funkcije. Odzivna i dielektrična funkcija. Elektronski plin. Elektron-fonon interakcija. Supravodljivost. Optička svojstva kristala.

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij
- mentorski rad
- ostalo

1.6. Komentari

Ocjenjuje se razina aktivnosti na predavanjima, seminarima i vježbama. Završni ispit: usmeni

1.7. Obveze studenata

Redovito pohađati predavanja, seminare i vježbe; napisati i na vrijeme predati (prije) utvrđeni broj seminara; položiti završni ispit (usmeni).

1.8. Praćenje⁶ rada studenata

⁶ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Aktivnost u nastavi	3 ECTS
Seminarski rad	4 ECTS
Usmeni ispit	3 ECTS

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu se vrednuje tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 70% (ocjenjuju se aktivnosti označene u Tablici 1.8), dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 30%.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

C. Kittel, *Quantum Theory of Solids*, 2. izdanje, Wiley, 1987.
Gerald D. Mahan, *Many-Particle Physics*, 3. izdanje, Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2000.
Michael P. Martder, *Condensed Matter Physics*, 2. izdanje, Wiley, 2010.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Članci u znanstvenim časopisima.
Marijan Šunjić, *Kvantna fizika mnoštva čestica*, Školska knjiga, 2002.
Bruus H., Flensberg K., *Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics. An Introduction*, Oxford University Press, Oxford, 2004.
Coleman P., *Introduction to Many-Body Physics*, Cambridge University Press, Cambridge, 2015.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Charles Kittel, <i>Quantum Theory of Solids</i>	2	
Gerald D. Mahan, <i>Many-Particle Physics</i>	1	
Michael P. Martder, <i>Condensed Matter Physics</i>	2	
Marijan Šunjić, <i>Kvantna fizika mnoštva čestica</i>	2	

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Stalna interakcija sa studentima. Fleksibilno prilagođavanje nastave interesima i potrebama studenata.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Darko Mekterović	
Naziv predmeta	Analiza eksperimentalnih podataka u fizici elementarnih čestica	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	20+20+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Analiza podataka završna je i vrlo važna faza u istraživanju u eksperimentalnoj fizici elementarnih čestica, te je za studente koji izrađuju doktorat u tom području gotovo neizbježna. Za takve studente ovaj kolegij daje detaljni uvod u metode i alate na kojima će se temeljiti njihov doktorat. Kolegij može biti vrlo koristan i za studente eksperimentalne nuklearne fizike te astročestične fizike jer se analiza podataka u tim područjima temelji na istom softverskom alatu te na sličnim statističkim postupcima.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema formalnih uvjeta za upis. Poznavanje osnova statistike i programiranja olakšalo bi savladavanje gradiva ali nije nužno.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

1. Razumijevanje osnova eksperimentalnog rada u fizici elementarnih čestica: koji se mjerni uređaji koriste, koja su njihova bitna svojstva, kako izgledaju tipični eksperimentalni postavi.
2. Upoznavanje s softverskim paketom ROOT koji je temeljni alat u analizi podataka u fizici elementarnih čestica, nuklearnoj fizici ili astročestičnoj fizici.
3. Upoznavanje s uobičajenim tijekom analize podataka i najvažnijim statističkim postupcima
4. Stjecanje praktičnog iskustva izradom odabranog segmenta analize

1.4. Sadržaj predmeta

1. Osnove eksperimentalnog postava i mjernih tehnika u fizici elementarnih čestica.
 - 1.1. Akceleratori
 - 1.2. Tipovi detektora i njihova bitna svojstva
 - 1.3. Tipični eksperimentalni postav
 - 1.4. Osnovni principi mjerenja
2. Uvod u programski paket ROOT.
3. Osnovni pojmovi statistike: očekivane vrijednosti, najvažnije distribucije, frekvencionistički pristup nasuprot Bayesijskom.
4. Najvažniji statistički postupci u analizi eksperimentalnih podataka
 - 4.1. Testiranje hipoteza
 - 4.2. Prilagodba, procjena parametara i intervala neodređenosti
 - 4.3. Klasifikacija
 - 4.4. Unfolding
5. Osnovni elementi analize
 - 5.1. Simulirani (Monte Carlo) podaci
 - 5.2. Sistematske neodređenosti
 - 5.3. Odabrani standardni postupci: tag and probe, prilagodba uzorcima, računanje efikasnosti



1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____			
1.6. Komentari					
1.7. Obveze studenata					
Izrada seminara i zadaća. Usmeni ispit.					
1.8. Praćenje ⁷ rada studenata					
Pohađanje nastave	Aktivnost u nastavi	Seminarski rad	2	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit	Usmeni ispit	2	Esej	Istraživanje	
Projekt	Kontinuirana provjera znanja		Referat	Praktični rad	4
Portfolio					
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu					
Završni usmeni ispit nosi 30% ocjene. Tijekom nastave ocjenjivat će se praktični rad u kojem će studenti na stvarnim ili simuliranim podacima vježbati osnovne metode (domaće zadaće, 35% ocjene) i izraditi odabrani segment analize (seminar, 35% ocjene).					
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
Data Analysis in High Energy Physics, A practical Guide to Statistical Methods; urednici Olaf Behnke, Kevin Kroninger, Gregory Schott, Thomas Schorner-Sadenius; Wiley 2013.					
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
ROOT users guide; dostupno na internetu: https://root.cern.ch/root/html/doc/guides/users-guide/ROOTUsersGuide.html					
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu					
Naslov		Broj primjeraka		Broj studenata	
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija					
Razgovori sa studentima i ankete.					

⁷ **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



2. Opće informacije		
Nositelj predmeta	Saša Mićanović , Tomislav Terzić	
Naziv predmeta	Eksperimentalne metode astročestične fizike	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	30+30+15

1. OPIS PREDMETA		
1.1. Ciljevi predmeta		
Upoznavanje s radom zemaljskih Čerenkovljevih teleskopa i drugih detektora kozmičkih zraka te analizom podataka s tih instrumenata. Upoznavanje s procesom nastanka atmosferskih pljuskova čestica, načinima simulacije istih te analizom simuliranih podataka.		
1.2. Uvjeti za upis predmeta		
Završen odgovarajući diplomski studij, odnosno regularno upisan Doktorski studij Fizika.		
1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet		
Studenti će nakon položenog ispita biti u stanju: - Objasniti način nastanka atmosferskih pljuskova čestica i Čerenkovljevog zračenja - Objasniti način detekcije Čerenkovljevog zračenja - Objasniti rekonstrukciju atmosferskog pljuska čestica iz signala u detektorima - Vršiti opažanja pomoću zemaljskih Čerenkovljevih teleskopa - Analizirati podatke sa zemaljskih Čerenkovljevih teleskopa - Analizirati podatke s površinskih vodenih detektora Čerenkovljevog zračenja - Producirati i analizirati simulacije atmosferskih pljuskova čestica		
1.4. Sadržaj predmeta		
Princip opažanja gama-zraka pomoću zemaljskih Čerenkovljevih teleskopa. Analiza podataka prikupljenih zemaljskim Čerenkovljevima teleskopima. Princip opažanja kozmičkog zračenja najviših energija na opservatoriju Pierre Auger. Rekonstrukcija karakterističnih parametara kozmičkog zračenja najviših energija te analiza podataka dobivenih opažanjem opservatorija Pierre Auger. Produkcija Monte Carlo simulacija atmosferskih pljuskova čestica i odaziva mjernih instrumenata. Analiza simuliranih događaja.		
1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input checked="" type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input checked="" type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input checked="" type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____
1.6. Komentari	Studenti će imati priliku vršiti opažanja pomoću zemaljskih Čerenkovljevih teleskopa MAGIC i prototipa LST1-CTA (u budućnosti i CTA opservatorij kad bude izgrađen), ukoliko financijske mogućnosti dozvole putovanje i boravak na opservatoriju ORM smještenom na kanarskom otoku La Palma, Španjolska.	
1.7. Obveze studenata		
Student je dužan prisustvovati nastavi u skladu s Pravilnikom o studiju.		
1.8. Praćenje ⁸ rada studenata		

⁸ **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	2.0	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	4.0
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	4.0
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Detaljna razrada načina praćenja i ocjenjivanja rada studenata bit će prikazana u izvedbenom planu predmeta.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. CTA Consortium, *Seeing the High-Energy Universe with the Cherenkov Telescope Array*, *Astropart. Phys.* 43 (2013.) 1-356
2. Pierre Auger Collaboration, *The Pierre Auger Cosmic Ray Observatory*, *Nucl. Instrum. Meth.* A798 (2015.) 172-213
3. D. Heck et al., *CORSIKA: A Monte Carlo Code to Simulate Extensive Air Showers*, Forschungszentrum Karlsruhe Report FZKA 6019 (1998.)

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. A. M. Hillas, 19. Intern. Cosmic Ray Conf. 3 (1985.), 445-448
2. J. Albert et al., *Nucl. Instrum. Meth.* A588 (2008.) 424-432
3. T.-P. Li, Y.-Q. Ma, *Astrophys. J.* 272 (1983.) 317-324
4. J. Albert et al., *Nucl. Instrum. Meth.* A583 (2007.) 494-506
5. J. Cortina et al., 31. Intern. Cosmic Ray Conf. (2009.), *eprint arXiv:0907.1211*
6. Pierre Auger Collaboration, *PAO Design Report 2. izd.*, The Auger Collaboration (1997.)
7. D. Heck, T. Pierog, *Extensive Air Shower Simulations with CORSIKA: A User's Guide*, Karlsruhe Institute for Technology (KIT) (2016.)

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
<i>Seeing the High-Energy Universe with the Cherenkov Telescope Array</i>	besplatno dostupno online	0
<i>The Pierre Auger Cosmic Ray Observatory</i>	besplatno dostupno online	0
<i>CORSIKA: A Monte Carlo Code to Simulate Extensive Air Showers</i>	besplatno dostupno online	0

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

S obzirom na očekivani mali broj studenata i većinom mentorski rad, kvaliteta rada pratit će se u neposrednoj interakciji sa studentima te praćenjem implementacije stečenih znanja i vještina u budućem znanstvenom radu studenata.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Aleš Omerzu	
Naziv predmeta	Odabrana poglavlja iz svojstava i primjene materijala	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	30+15+15

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Cilj predmeta je detaljnije upoznati studente sa suvremenim materijalima, čija se svojstva i moguće primjene intenzivno istražuju u novije vrijeme. Izbor pojedinih tema (materijala) prilagođavat će se svakom pojedinačnom studentu ovisno o njegovom smjeru istraživanja.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Za praćenje sadržaja ovog kolegija nužna su predznanja iz kolegija: *Fizika čvrstog stanja*.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Studenti se detaljno upoznaju sa svojstvima suvremenih materijala koji su povezani s njihovim eksperimentalnim ili teorijskim istraživanjem. Sadržaj predmeta prelazi okvire diplomskog studija, stoga se očekuje od studenata da u svom studiju osim korišćenja udžbenika, počinju koristiti i originalnu znanstvenu literaturu, počevši od preglednih članaka. Nakon uspješnog položenog ispita od studenata se očekuje da su temeljito upoznati s prednostima i primjenama novih materijala, ali također da poznaju one karakteristike materijala koje nisu idealne i na čijem poboljšanju se vrše najnovija istraživanja u svrhu njihove primjene u praksi. Drugim riječima, studenti trebaju znati prepoznati nove smjernice i trendove u istraživanju materijala koji su povezani s njihovim područjem znanstvenog djelovanja.

1.4. Sadržaj predmeta

Student izabire najmanje dvije skupine materijala s dolje navedenog popisa:

Poluvodiči – nestandardni poluvodiči, kvantno ograničeni poluvodiči, solarne ćelije, termoelektrične primjene

Metali i slitine – metalna stakla, porozni metali, memorijske slitine

Dielektrični i feroelektrični materijali – feroelektrici u RAM, termistori i varistori, litij-ionske baterije, gorive ćelije

Magnetski materijali – magnetostrukturalni materijali, gigantski i kolosalni magnetootpor, Faradayev i Kerrov efekt, permanentni magneti, magnetski i magnetooptički zapis, razrijeđeni magnetski poluvodiči

Optički materijali – optički polarizatori, Faradayeva rotacija, optička vlakna, LED diode i poluvodički laseri, fotovodiči, elektrooptički efekt i fotorefraktivni materijali

Supravodiči – supravodljive slitine, supravodljivi kuprati i pniktidi, Josephsonov efekt

Keramike – silikati, silicijev karbid, silicijev nitrat, zeoliti, stakla

Polimeri – polimerni ionski vodiči, vodljivi polimeri, fotorezisti, pizoelektrični polimeri, tekući kristali



1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input checked="" type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____					
1.6. Komentari							
1.7. Obveze studenata							
Za pristup završnom (usmenom) ispitu nužno je da student izradi i prezentira dva seminarska rada (barem jednog na engleskom jeziku).							
1.8. Praćenje ⁹ rada studenata							
Pohađanje nastave	x	Aktivnost u nastavi	x	Seminarski rad	x	Eksperimentalni rad	x
Pismeni ispit	x	Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu			Raspodjela ECTS koeficijenata: pohađanje nastave: aktivnost u nastavi: 1.0 ECTS; seminarski rad: 4.0 ECTS; usmeni ispit: 4.0 ECTS; kontinuirana provjera znanja: 1.0 ECTS.				
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)			Joel I. Gersten Frederick W. Smith: THE PHYSICS AND CHEMISTRY OF MATERIALS, JOHN WILEY & SONS, INC. 2001				
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)			The Science and Engineering of Materials, 6th Edition, by Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay and Wendelin J. Wright, Cengage Learning, Inc. 2010.				
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu							
Naslov		Broj primjeraka		Broj studenata			
Literatura je dostupna u pdf formatu							
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija			Rad studenata bit će praćen kroz redovne usmene kontakte (osobno ili putem Skypa), te kontrolom pojedinih faza u izradi pismenih uradaka.				

⁹ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Petar Pervan	
Naziv predmeta	Fizika površina i međuslojeva	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	30+15+10

1. OPIS PREDMETA		
1.1. Ciljevi predmeta		
<p>Cilj ovog predmeta je kroz predviđene aktivnosti prezentirati studentima fizikalne koncepte specifične za površine kao što su: kristalna struktura dobro definiranih površina (nisko indeksne i vicinalne površine), utjecaj različitih vrsta defekata, elektronska stanja površina i međuslojeva kao i pojavu ovisnosti istih o debljini slojeva na površinama (stanja kvantne jame), rasta tankih i ultratankih slojeva, difuzije na površinama te koncepte adsorpcije. Studenti će se upoznati i sa pripadajućim eksperimentalnim tehnikama koje omogućavaju opažanje i mjerenje fizikalnih svojstva povezanih sa spomenutim konceptima.</p>		
1.2. Uvjeti za upis predmeta		
Nema uvjeta.		
1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet		
<p>Po završetku ovog kolegija studenti će biti u stanju opisati i definirati različite kristalografske površine s pripadajućim strukturnim i elektronskim stanjima, vrste defekata i njihov utjecaj na svojstva površina. Studenti će također biti osposobljeni da analiziraju mehanizme adsorpcije te različitih načina nukleacije i rasta ultra tankih slojeva na površinama. Očekujemo da će studenti moći argumentirati odabir odgovarajuće eksperimentalne tehnike u cilju dobivanja željenih informacija o fizikalnim svojstvima površina i adsorbata.</p>		
1.4. Sadržaj predmeta		
<p>Strukturna svojstva površina (struktura površina, površinska kristalografija, defekti na površinama); Elektronska svojstva (površinska stanja, elektronska stanja međuslojeva, površinski plazmoni, Quantum Size efekt i stanja kvantne jame); Adsorpcija; Nukleacija i rast. Eksperimentalne tehnike.</p>		
1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo
1.6. Komentari	Ocjenjuje se razina aktivnosti na predavanjima, seminarima i vježbama. Završni ispit: usmeni	
1.7. Obveze studenata		
Redovito pohađati predavanja, seminare i vježbe; napisati i na vrijeme predati (prije) utvrđeni broj seminara; položiti završni ispit (usmeni).		
1.8. Praćenje ¹⁰ rada studenata		

¹⁰ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Aktivnost u nastavi	3
Seminarski rad	4
Usmeni ispit	3

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu se vrednuje tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 70% (ocjenjuju se aktivnosti označene u Tablici 1.8), dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 30%.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Harald Ibach, Physics of Surfaces and Interface, Springer Berlin Heidelberg New Yor, 2006

Mehmet Erbudak, Physics and Chemistry at Surfaces, ETHZ, Zurich, 2012.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Odgovarajući članci u znanstvenim časopisima, prema potrebi

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Stalna interakcija sa studentima. Fleksibilno prilagođavanje nastave interesima i potrebama studenata.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Doc. dr. sc. Robert Peter	
Naziv predmeta	Nano-materijali i primjene	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	30+0+30

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Upoznati studente s tehnologijom proizvodnje nanomaterijala i eksperimentalnim metodama za njihovu karakterizaciju; opisati nanostrukture i strukture niskih dimenzija, pokazati primjenu nanomaterijala u elektronici, fotonici i biotehnologiji, te uređajima baziranim na magnetizmu.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Predmet mogu upisati svi studenti upisani na doktorski studij Fizike.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Student treba svladati fizičke principe i pojave koje leže u osnovama metoda proizvodnje i primjene nanomaterijala (fizika niskodimenzionarnih struktura, elektronska struktura poluvodiča i metala, interakcija elektronskih i ionskih snopova s materijalima, interakcija rentgenskog zračenja s materijalima, magnetska svojstva materijala, spinski ovisna vodljivost elektrona, supravodljivost), moći opisati njihovu primjenu u nanotehnologiji, te dobiti bazična znanja koja će mu omogućiti samostalno istraživanje znanstvene i stručne literature.

1.4. Sadržaj predmeta

- Metode proizvodnje nanostrukture (optička i rentgenska litografija, litografija elektronskim ozračivanjem, mikromehaničke strukture, tehnologije depozicije tankih filmova, epitaksijalno molekularno ozračivanje, mljevenje fokusiranim ionskim snopovima)
- Eksperimentalne tehnike za karakterizacija nanostrukture (mikroskopske metode: pretražni mikroskop s osjetnikom – AFM, tunelirajući mikroskop – STM, tunelirajući elektronski mikroskop – TEM; spektroskopske metode bazirane na korištenju rentgenskog zračenja: spektroskopija fotoelektrona rentgenskim zračenjem – XPS, fluorescencija rentgenskog zračenja – XRF, energetska disperzija rentgenskog zračenja – EDS, tehnike apsorpcije rentgenskog zračenja - XANES)
- Nanostrukture bazirane na ugljiku (fularen, grafen, ugljikove nanocjevčice)
- Nanostrukture niskih dimenzija (kvantne točke, nanožice, 2D materijali, nanocjevčice)
- Svojstva tankih filmova i primjene
- Nanoelektronika (uređaji bazirani na elektronskoj interferenciji, rezonantne tunelirajuće diode, jednoelektronski tranzistori, senzori bazirani na ugljikovim nanocjevčicama, molekularna elektronika)
- Kvantne tehnologije bazirane na magnetizmu i supravodljivosti (gigantski magnetootpor – GMR, magnetska radna memorija – MRAM, spintronički uređaji, magnetski logički uređaji, SQUID magnetometar)
- Osnove nanofotonike i nanobiotehnologije (2D laserski uređaji, biomimetičke nanostrukture, molekularni motori)

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij
- mentorski rad
- ostalo



1.6. Komentari							
1.7. Obveze studenata							
Pohađanje predavanja, izrada i izlaganje seminara, rješavanje samostalnih zadataka (odabrana poglavlja iz literature ili znanstvenih radova) i polaganje završnog ispita.							
1.8. Praćenje ¹¹ rada studenata							
Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	4	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit	3	Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja	3	Referat		Praktični rad	
Portfolio							
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu							
Ocjenjivanje rada studenata tijekom izvođenja nastave se izvodi putem izrade seminarskog rada (4 ECTS boda) i samostalnim učenjem iz odabranih poglavlja literature ili znanstvenih radova, koje se ocjenjuje putem kolokvija (3 ECTS boda). Završni ispit se izvodi kao usmeni ispit (3 ECTS boda).							
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)							
1. Edward L. Wolf, <i>Nanophysics and Nanotechnology</i> , WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2006.							
2. Stuart.M.Lindsay, <i>Intoduction to Nanoscience</i> , Oxford University Press Inc., New York, USA 2010.							
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)							
1. Ben Rogers, Sumita Pennathur, Jesse Adams, <i>Nanotechnology</i> , Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton FL, USA, 2011.							
2. <i>Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications</i> , edited by A. S. Edelstein, CRC Press, Bristol, UK, 1998.							
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu							
Naslov				Broj primjeraka		Broj studenata	
Edward L. Wolf, <i>Nanophysics and Nanotechnology</i> , WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2006.				1			
Stuart.M.Lindsay, <i>Intoduction to Nanoscience</i> , Oxford University Press Inc., New York, USA 2010.				1			
Ben Rogers, Sumita Pennathur, Jesse Adams, <i>Nanotechnology</i> , Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton FL, USA, 2011.				1			
<i>Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications</i> , edited by A. S. Edelstein, CRC Press, Bristol, UK, 1998.				1			
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija							
Uspješnost studenta se prati na konzultacijama, rješavanjem samostalnih zadataka tijekom izvođenja predmeta i pisanjem seminara. Uspješnost studenata na završnom ispitu konačan je pokazatelj kvalitete i uspješnosti predmeta. Povratna informacija o kvaliteti i uspješnosti predmeta dobiva se i provođenjem ankete među studentima po završetku nastave.							

¹¹ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Mladen Petravić pl.	
Naziv predmeta	Eksperimentalne metode moderne fizike	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	15+60+15

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Stjecanje temeljnih znanja o modernim analitičkim tehnikama koje se koriste u karakterizaciji naprednih materijala kroz aktivno korištenje analitičkih instrumenata.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Odslušani preddiplomski/diplomski kolegiji Fizike čvrstoga stanja, Eksperimentalne metode u fizici ili Fizika poluvodiča.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Razumjeti teorijsku podlogu i način rada nekoliko analitičkih tehnika, te ih povezati s rješavanjem konkretnih analitičkih problema u znanosti.

Tijekom izvedbe predmeta studenti će dobiti teoretske osnove i praktičan osobni trening na nekoliko sofisticiranih analitičkih instrumenata koje imaju Odjel za fiziku i CMNST, uključujući Pretražni elektronski mikroskop, Maseni spektrometar sekundarnih iona/neutrona i Spektrometar za rendgensku fotoelektronsku analizu. Studenti će sami pripremati i analizirati uzorke na tim uređajima, koristeći Uređaj za depoziciju atomskih slojeva koji također ima CMNST.

1.4. Sadržaj predmeta

Doktorandi će u sklopu predmeta raditi u nekoliko laboratorija u Odjelu za fiziku i Centru za mikro- i nanoznanosti i tehnologije. Nakon odslušanog uvodnog predavanja i/ili održavanja seminara o određenim tehnikama, doktorandi će aktivno koristiti sljedeće analitičke tehnike:

-XPS (elektronska spektroskopija pomoću rendgenskog zraka, X-ray Photoelectron Spectroscopy)

-SIMS (masena spektroskopija sekundarnih iona, Secondary Ion Mass Spectrometry)

-AFM (mikroskopija atomskih sila, Atomic Force Microscopy)

-SEM (pretražna elektronska mikroskopija, Scanning Electron Microscopy)

-XRF (fluorescencija x-zraka, X-ray Fluorescence)

Pomoću ovih tehnika doktorandi će provoditi elementnu analizu i dubinsko profiliranje elemenata i primjesa, proučavati površinske kemijske veze i morfologiju površina, karakterizirati promjene i defekte na površinama tankih filmova, poluvodičkih heterostrukture, složenih poluvodičkih spojeva i nanosistema, uključujući nanocjevčice.

Minimum vremena koje je potrebno provesti na barem četiri od ponuđenih analitičkih tehnika (XPS, SIMS, SEM, XRF ili AFM), uz narastanje uzoraka koji će raditi studenti pomoću tehnike ALD (narastanja atomskih slojeva, Atomic Layer Deposition) je oko 75 sati, kako bi studenti stekli osnovno znanje i iskustvo potrebno za korištenje ovih tehnika uz minimalnu pomoć, dok je 15 sati predviđeno za teorijske temelje.

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- X samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- X laboratorij
- X mentorski rad
- ostalo

1.6. Komentari



1.7. Obveze studenata

Aktivno učestvovati u eksperimentima, obradi i interpretaciji mjernih podataka i usmenom predstavljanju eksperimenata. Odžati seminar o jednoj od analitičkih tehnika.

1.8. Praćenje¹² rada studenata

Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	2	Eksperimentalni rad	3
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt	4	Kontinuirana provjera znanja		Referat	1	Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Vrednuje se rad na svakom pojedinačnom eksperimentu i usmenoj prezentaciji eksperimenta, podataka i načinu rada eksperimentalnog uređaja, te seminar o jednoj od eksperimentalnih tehnika. Nema završnog ispita.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. L.Feldman i J.Mayer: Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis, PTR Prentice Hall, New Jersey, 1986.
2. H.Luth: Surfaces and Interfaces of Solid Materials, Springer Study Edition, Berlin, 2007.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

1. D.P.Woodruff i T.A.Delchar, Modern Tecniques of Surface Science-Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1994.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Fleksibilno prilagođavanje nastave interesima i potrebama studenata. Povratna informacija o kvaliteti i uspješnosti predmeta dobit će se provođenjem redovitih i anonimnih ankete među studentima.

¹² **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Dijana Dominis Prester	
Naziv predmeta	Odabrana poglavlja iz astrofizike	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	30 + 0 + 30

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Stjecanje znanja, vještina i kompetencija iz astrofizike, s naglaskom na područje doktorskog rada studenta.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema formalnih uvjeta upis ovog predmeta, osim općih uvjeta za upis doktorskog studija.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Ishodi će ovisiti o dogovorenom individualiziranom kurikulumu (vidi Komentar pod 1.6.). Očekuje se da će student po završenom kolegiju:

- poznavati i razumjeti osnove astronomije i astrofizike
- poznavati i razumjeti osnove astročestične fizike
- objasniti efekt gravitacijske leće
- primijeniti efekt gravitacijske leće na odabrane opažane pojave, odnosno astronomske objekte
- razlikovati postojeće metode potrage za ekstrasolarnim planetima, te znati primijeniti njihovu komplementarnost
- razlikovati poznate modele zračenja aktivnih galaktički jezgri
- razlikovati različite tipove aktivnih galaktički jezgri, s obzirom na njihov opažan spektar
- analizirati fotometrijska mjerenja načinjena pomoću optičkih teleskopa
- uskladiti mjerenja objekata od interesa (u sklopu izrade svog doktorskog rada) na različitim energijama elektromagnetskog spektra
- izraditi strategiju opažanja događaja i objekata u astrofizici brze vremenske varijabilnosti (tranzienata) za odabranu kombinaciju raspoloživih teleskopa i instrumenata
- optimizirati opažačko vrijeme pojedinog instrumenta/teleskopa, odnosno mreže instrumenata/teleskopa
- primijeniti numeričke računalne metode na astrofizičku problematiku svog istraživačkog rada u sklopu izrade doktorskog studija

1.4. Sadržaj predmeta

- 1. Osnove opće astronomije i astrofizike, i astročestične fizike**
(po potrebi, u slučaju nedostajućeg predznanja pojedinog studenta)
- 2. Odabrana poglavlja astrofizike – teorijski dio**
 - Efekt gravitacijske leće
 - Ekstrasolarni planeti
 - Aktivne galaktičke jezgre
- 3. Suvremene opažačke metode u astronomiji i astrofizici**
 - Optička astronomija i astrofizika
 - Fotometrija
 - Interferometrija i astrometrija
 - Visokoenergijska gama-astronomija
 - Svemirski teleskopi



<ul style="list-style-type: none"> - Astronomska opažanja u cijelom području elektromagnetskog spektra - Raspodjela i optimizacija opažačkog vremena na teleskopima i instrumentima u astrofizici - Opažačke strategije tranzientnih događaja 4. Primjena numeričkih računalnih metoda u astrofizičkim modeliranjima - Optimizacijske metode u složenim parametarskim prostorima - Usklađivanje mjerenja u astrofizici s teorijskim modelima 							
1.5. Vrste izvođenja nastave		<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input checked="" type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input checked="" type="checkbox"/> terenska nastava				<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input checked="" type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo <hr/>	
1.6. Komentari		Kurikulum ovog predmeta bit će individualiziran, i vezan uz odabir teme doktorskog rada, te predznanje studenta u području astrofizike. Stoga se ne očekuje da svaki student po završetku kolegija vlada svim temama nabrojanim u rubrici „1.4. Sadržaj predmeta“, već onima koje se na početku kolegija dogovore s predmetnim nastavnikom.					
1.7. Obveze studenata							
Održavanje barem jednog seminara (javno, usmeno). Izrada projektnog zadatka vezanog uz znanstveno istraživanje. Pridržavanje dogovorenih rokova za izradu navedenih obaveza.							
1.8. Praćenje ¹³ rada studenata							
Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	2	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit	3	Esej		Istraživanje	2
Projekt	2	Kontinuirana provjera znanja	1	Referat		Praktični rad	
Portfolio							
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu							
Studenti koji tijekom nastave ostvare minimalno 90% mogućih bodova biti će oslobođeni završnog ispita.							
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)							
I. Web stranica kolegija (MUDRI) II. M. Zeilik and E.P. Smith: "Introductory Astronomy and Astrophysics", 1987, CBS College publishing							
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)							
I. Léna, P., Rouan, D., Lebrun, F., Mignard, F., Pelat, D.: "Observational astrophysics", 2012, Springer II. Gravitational Lensing: Strong, Weak and Micro, Saas-Fee Advanced Course 33, 2004, Authors: Schneider, Peter, Kochanek, Christopher, Wambsganss, Joachim, Editors: Meylan, Georges, Jetzer, Philippe, North, Pierre (Eds.) III. Extrasolar Planets, Saas Fee Advanced Course 31, 2006, Authors: Cassen, Patrick, Guillot, Tristan, Quirrenbach, A. Editors: Queloz, D., Udry, S., Mayor, M., Benz, W. (Eds.) IV. Longair, M.S., High Energy Astrophysics, 1981 + Odabrani aktualni znanstveni (pregledni i izvorni) radovi, u dogovoru s voditeljem doktorskog rada i predmetnim nastavnikom							
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu							
Naslov				Broj primjeraka		Broj studenata	

¹³ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Sveučilište u Rijeci • University of Rijeka

Trg braće Mažuranića 10 • 51 000 Rijeka • Croatia

T: (051) 406-500 • F: (051) 216-671; 216-091

W: www.uniri.hr • E: ured@uniri.hr

1.13. *Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija*

Povratna informacija o kvaliteti i uspješnosti predmeta dobiva se provođenjem ankete među studentima po završetku nastave. Komunikacija sa studentima.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Dijana Dominis Prester	
Naziv predmeta	Seminar iz fizike	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Obavezni	
Godina	1	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	5
	Broj sati (P+V+S)	4 + 0 + 26

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Stjecanje vještina i kompetencija potrebnih za javno prezentiranje znanstveno-istraživačkog rada. Produblavanje znanja iz područja fizike vezanog za izradu doktorskog rada. Ovladavanje tehnikama izrade i prezentacije znanstveno-istraživačkog rada. Razvoj komunikacijskih vještina.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Osnove rada na računalu.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Studenti će na kraju realizacije kolegija biti sposobni:

- definirati ciljeve i zadatke znanstvenog rada,
- samostalno pronalaziti i služiti se literaturom te drugim izvorima znanja,
- na različitim razinama primijeniti fizičke sadržaje,
- prilagoditi sadržaje zahtjevima teme,
- primijeniti i proširiti znanja stečena tijekom studija na konkretne temu (proceduralno znanje),
- obraditi znanstvenu (teorijsku ili eksperimentalu) problematiku,
- stručno i metodički artikulirati odabranu temu,
- argumentirano tumačiti uzročno-posljedične veze,
- mjeriteljski korektno koristiti zakonski propisane mjerne jedinice,
- ispravno koristiti matematički aparat i matematičku terminologiju,
- razlikovati stručnu terminologiju od naziva u standardnom jeziku,
- koristiti znanstveni jezik i jednostavno korektno stručno komunicirati,
- korektno statistički obraditi podatke, grafički ih prikazati i interpretirati,
- pravilno obraditi i prikazati ilustracije (tablice, grafovi funkcija, grafikoni, dijagrami, crteži, fotografije, sheme, slike),
- jasno, jednostavno i koncizno iskazati misli,
- stilski, gramatički i pravopisno korektno napisati bilo koji tekst i natuknice,
- korektno citirati literaturu,
- usmeno predstaviti rad,
- pripremiti i održati znanstveni seminar i izlaganje na znanstvenom skupu u zadanom vremenu u kojem će prezentirati svoje ili tuđe znanstveno-istraživačke rezultate,
- razlikovati znanstvena izlaganja od znanstveno-popularnih predavanja,
- sudjelovati u diskusijama nakon seminara,
- razlikovati predstavljanja vlastitih rezultata od predstavljanja tuđih rezultata

1.4. Sadržaj predmeta

Student će na odabranoj temi primijeniti teorijsko i praktično znanje stečeno tijekom studija i izrade doktorskog rada, i samostalno će se služiti aktualnom literaturom u obradi odabrane teme. U izradi rada student će koristiti relevantne



spoznaje, stavove i znanstvene činjenice koje su objavljene u korištenoj literaturi, pravilno će obraditi ilustracije i grafičke prikaze, primijeniti znanstvene metode i instrumentarije u obradi aktualne teme i samostalno riješiti odabrani problem iz znanstvenog područja rada.

Teorijski dio kolegija uključuje:

Metode izrade seminara i načina prezentacije stručnog i znanstvenog rada. Izrada prezentacija u Power pointu, Open office-u i Latexu. Korištene multimedije. Održavanje seminara pred drugim studentima. Zajednička analiza održanih seminara uz razvijanje kritičkog i samokritičkog stava studenta. Osnove govorništva. Komunikacija na znanstvenim skupovima.

1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input checked="" type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo
------------------------------	---	--

1.6. Komentari	
----------------	--

1.7. Obveze studenata

Student je dužan odabrati znanstveno područje i temu rada, prikupiti i studirati literaturu, napisati koncept rada i dati ga na pregled mentoru. Na seminaru se kontinuirano prati mjeriteljska i terminološka korektnost obrađenih sadržaja i izrađuje prezentacija rada. Rad se predstavlja pred ostalim studentima i mentorom.

Obavezno je pohađanje predavanja i seminara, izrada i održavanje vlastitog seminara, te slušanje tuđih seminara i aktivno sudjelovanje u diskusijama.

1.8. Praćenje ¹⁴ rada studenata
--

Pohađanje nastave	1	Aktivnost u nastavi	1	Seminarski rad	3	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Aktivnost u nastavi – procjenjuje se:

- suradnički odnos
- motiviranost studenta za temu i sudjelovanje u raspravama
- izrada koncepta rada

Predstavljanje rada – procjenjuje se:

- prezentacija
- predstavljanje rada pred studentima i voditeljem
- odgovori na pitanja

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)
--

S obzirom na specifičnost kolegija, ne postoji jedinstvena literatura obavezna za sve upisane studente.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Dopunska literatura će se individualno određivati u dogovoru s mentorima doktorskog rada, i uključivat će aktualne znanstvene radove u području rada studenta.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu
--

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata

¹⁴ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Sveučilište u Rijeci • University of Rijeka

Trg braće Mažuranića 10 • 51 000 Rijeka • Croatia

T: (051) 406-500 • F: (051) 216-671; 216-091

W: www.uniri.hr • E: ured@uniri.hr

1.13. <i>Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija</i>		
Povratna informacija o kvaliteti i uspješnosti predmeta dobiva se provođenjem ankete među studentima po završetku nastave. Komunikacija sa studentima.		



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Predrag Dominis Prester	
Naziv predmeta	Fizika crnih rupa	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	30 + 10 + 10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Upoznati studente s osnovnim i naprednim aspektima fizike crnih rupa.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema formalnih uvjeta, no pretpostavlja se da studenti prilikom ulaska na kolegij posjeduju osnovno poznavanje opće relativnosti, s naglaskom na Schwarzschildovo rješenje (na razini kolegija *Opća relativnost* s diplomskog studija Fizika).

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Ovisno o individualiziranom kurikulumu, ishodi će uključivati: Student će produbiti poznavanje opće relativnosti i tehnika rješavanja i analize rješenja na primjeru crnih rupa. Bit će u stanju samostalno analizirati ponašanje kako klasične materije i zračenja, tako i kvantnih polja, u okolini i unutrašnjosti crnih rupa. Usvojiti će osnovne tehnike analize gravitacijskog zračenje sustava s crnim rupama, i moći će samostalno rješavati jednostavnije probleme. Usvojiti će osnovna i neka napredna znanja o matematici crnih rupa, njihovoj termodinamici i mogućim interpretacijama, te njihovoj važnosti kao laboratorija za razumijevanje kvantne gravitacije.

1.4. Sadržaj predmeta

Sadržaj predmeta nije čvrsto fiksiran, izvedba će pratiti aktualne trendove u području, i k tome sadržaj će se dijelom individualno prilagođavati potrebama studenta. Sadržaj predmeta će se odabirati iz slijedećih tema:

1. Schwarzschild-ovo i Kerr-ovo rješenje

- struktura prostor-vremena: horizonti i singulariteti
- dinamika čestica i zračenja u okolini i unutrašnjosti crnih rupa
- efekt gravitacijske leće

2. Matematička svojstva crnih rupa

- teoremi o jedinstvenosti
- uvjeti za nastanak crnih rupa
- crne rupe u poopćenim teorijama gravitacije
- zakoni termodinamike crnih rupa

3. Mehanizmi nastanka i dinamika crnih rupa

- tvorba crne rupe putem kolapsa materije
- sustavi koji sadrže crne rupe, klasifikacija crnih rupa
- gravitacijsko zračenje sustava koji sadrže crne rupe
- primordijarne crne rupe
- sadašnji i budući eksperimenti: status

4. Kvantna polja u okolini crnih rupa

- Hawkingovo zračenje
- mikroskopsko porijeklo entropije crnih rupa, informacijski paradoks i moguća rješenja
- crne rupe kao teorijski laboratorij za kvantnu gravitaciju

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice

- samostalni zadaci



	<input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo			
1.6. Komentari					
1.7. Obveze studenata					
Izrada domaćih zadaća i jednog projektnog zadatka.					
1.8. Praćenje ¹⁵ rada studenata					
Pohađanje nastave	Aktivnost u nastavi	Seminarski rad	Eksperimentalni rad		
Pismeni ispit	Usmeni ispit	Esej	Istraživanje		
Projekt	4	Kontinuirana provjera znanja	4	Referat	Praktični rad
Portfolio					
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu					
Ocjenjivanje će se vršiti putem domaćih zadaća i projektnog zadatka. Završni ispit samo po potrebi.					
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
1. V. P. Frolov, A. Zelnikov, Introduction to Black Hole Physics (Oxford Univ. Press) 2. D. L. Meier, Black Hole Astrophysics: The Engine Paradigm (Springer Praxis Books) 3. L. Parker, D. Toms, Quantum Field Theory in Curved Spacetime: Quantized Fields and Gravity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics)					
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
1. R. Wald, General Relativity (Univ. Of Chicago Press) 2. E. Poisson, A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black Holes (Cambridge Univ. Press) 3. V. P. Frolov, I. D. Novikov, Black Hole Physics: Basic Concepts and New Developments (Fundamental Theories of Physics) 4. R. Wald, Quantum Field Theory in Curved Spacetime and Black Hole Thermodynamics (Chicago Lectures in Physics) 5. B. O'Neill, The Geometry of Kerr Black Holes (Dover Books on Physics)					
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu					
Naslov		Broj primjeraka		Broj studenata	
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija					
Kvaliteta će se pratiti kroz konzultacije, anonimne ankete, te razgovore nakon polaganja ispita.					

¹⁵ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Predrag Dominis Prester	
Naziv predmeta	Odabrana poglavlja iz fizike elementarnih čestica	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	10
	Broj sati (P+V+S)	45 + 0 + 15

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Upotpuniti i produbiti znanja i vještine iz područja fizike elementarnih čestica koja su studentu neophodna za istraživanja koja provodi u sklopu rada na doktoratu.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema formalnih uvjeta, no pretpostavlja se da pri ulasku na kolegij student posjeduje predznanje koje odgovara sadržaju kolegija *Fizika elementarnih čestica 1* s diplomskog studija Fizika, te poznavanje osnova kvantne teorije polja.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Ovisno o individualiziranom kurikulumu, ishodi će uključivati: Razumijevanje Standardnog modela fizike elementarnih čestica, i njegovih mogućih proširenja, na naprednoj razini. Ovladavanje tehnika za samostalno računanje procesa višeg reda u kvantnim teorijama polja, s naglaskom na procese od moguće važnosti za astročestičnu fiziku. Napredno razumijevanje metoda kvantizacije u teorijama polja i kvantnih anomalija koje su važne za klasifikaciju teorija i njihovih simetrija. Razumijevanje simetrija i usvajanje tehnika njihove primjene, uključujući i one neperturbativne. Razumijevanje problema kvantizacije gravitacije putem standardnih tehnika kvantne teorije polja i osnovnih svojstava glavnih pretendenata za rješavanje ovog problema, poput teorije struna.

1.4. Sadržaj predmeta

Sadržaj predmeta nije čvrsto fiksiran, izvedba će pratiti aktualne trendove u području, i k tome sadržaj će se individualno prilagođavati predznanju i potrebama studenta, s obzirom na odabir teme doktorskog istraživanja. Sadržaj predmeta će se individualno odabirati iz slijedećih tema:

- Napredni aspekti kvantne teorije polja
 - Ne-Abelove teorije polja i njihova kvantizacija
 - Renormalizacijska grupa
 - Efektivna akcija: primjer Euler-Heisenberg akcija u kvantnoj elektrodinamici
 - Anomalije
 - Topološki aspekti: monopoli, instantoni, utjecaj na vakuum i njegovu stabilnost
- Fenomenologija fizike elementarnih čestica
 - Simetrije i njihovo slamanje
 - Standardni model i procesi
 - Efektivne teorije i nerenormalizabilnost
 - Proširenja Standardnog modela
- Kvantna gravitacija i unifikacija sila
 - Problemi primjene standardnih metoda kvantne teorije polja na gravitaciju i moguća rješenja
 - Supersimetrije i supergravitacija
 - Polja višeg spina
 - Teorija superstruna

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij



		<input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____					
1.6. <i>Komentari</i>							
1.7. <i>Obveze studenata</i>							
Svaki student će morati održati seminar i napraviti jedan do dva projektna zadatka.							
1.8. <i>Praćenje¹⁶ rada studenata</i>							
Pohađanje nastave		Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	5	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	
Projekt	5	Kontinuirana provjera znanja		Referat		Praktični rad	
Portfolio							
1.9. <i>Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu</i>							
Ocjenjivanje će se vršiti putem seminara i projektnih zadataka. Završni ispit samo po potrebi.							
1.10. <i>Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>							
Pošto je kurikulum kolegija u značajnoj mjeri individualan ne postoji obvezna literatura.							
1.11. <i>Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)</i>							
1. S. Weinberg, Quantum Theory of Fields I, II, III (Cambridge University Press) 2. M. D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model (Cambridge Univ. Press, 2013.) 3. M. E. Peskin, D. V. Schroeder, An Introduction To Quantum Field Theory (Frontiers in Physics) 4. T.-P. Cheng, L.-F. Li, Gauge Theory of Elementary Particle Physics: Problems and Solutions (Oxford Univ. Press) 5. A. Seiden, Particle Physics: A Comprehensive Introduction (Pearson) 6. L. Parker, D. Toms, Quantum Field Theory in Curved Spacetime: Quantized Fields and Gravity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics) 7. C. Kiefer, Quantum Gravity (International Series Monographs on Physics, 3rd edition) 8. J. Polchinski, String theory I i II (Cambridge Univ. Press)							
1.12. <i>Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu</i>							
		<i>Naslov</i>		<i>Broj primjeraka</i>		<i>Broj studenata</i>	
1.13. <i>Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija</i>							
Kvaliteta će se pratiti kroz konzultacije, anonimne ankete, te razgovore nakon polaganja ispita.							

¹⁶ **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelji predmeta	Željko Svedružić , Marta Zuvic	
Naziv predmeta	Računalne metode u biofizici	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	7
	Broj sati (P+V+S)	10+40+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Razumijevanje strukture i funkcije biološki važnih molekula te njihovih interakcija. Upoznavanje s radom i mogućnostima prilagođavanja računalnih aplikacija za analizu strukture i funkcije biološki važnih velikih i malih molekula. Primjena računalnih metoda u istraživanju mehanizama biokemijskih procesa (organskih i biokemijskih reakcija) modeliranjem molekulskih interakcija. Kritičko vrednovanje rezultata računalnih analiza i predviđanja temeljem dobivenih rezultata.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Upisan doktorski studij Fizika.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Po završetku kolegija studenti će biti osposobljeni za: samostalno provođenje i prilagođavanje analize strukture i funkcije biološki relevantnih molekula računalnim metodama, samostalno provođenje i prilagođavanje analize biokemijskih reakcija računalnim metodama, interpretaciju i evaluaciju dobivenih rezultata računalnih analiza te predviđanje ponašanja molekula temeljem dobivenih rezultata, identificiranje prednosti i ograničenja računalnih metoda u analizi strukture i funkcije bioloških molekula i njihovih interakcija te kritičko praćenje znanstvene literature područja.

1.4. Sadržaj predmeta

Struktura i funkcija biološki važnih velikih molekula (proteina, nukleinskih kiselina, lipida i ugljikohidrata) kao i malih molekula koji stupaju u interakcije kao ligandi i supstrati.

Biokemijski procesi i njihova obilježja u svjetlu međumolekulskih interakcija: opis protein-ligand interakcije i opis enzim-supstrat reakcije, mehanizmi inhibicije i aktivacije enzimatske aktivnosti, mehanizmi agonističkog i antagonističkog djelovanja na receptore, kinetika stabilnog stanja i kinetika prestabilnog stanja, pH profili u enzimatskoj aktivnosti, izotopni efekti otapala, enzimске reakcije s višestrukim supstratima, procesivnost enzima na DNA molekulama, metabolički putevi.

Klasični i kvantno-mehanički pristup opisu međumolekulskih interakcija. Računalne analize strukture molekula (korištenjem odgovarajućih programskih aplikacija: WinGmess, Avogadro, MacMolPlt, Abalone, Wavefunction Spartan): usporedba UFF, MMFF94, i QM pristupa u analizi konformacija i energije malih i velikih molekula, analize struktura molekularnom mehanikom i MonteCarlo simulacijama, primjena na osnovne kvantno-mehaničke izračune: optimizacija molekularnih konformacija, izračun energije veza u molekuli, izračun i mapiranje energetske polja na odabranim vrijednostima elektronske gustoće.

Računalne analize dinamike velikih i malih molekula te njihovih interakcija metodama molekularne dinamike (korištenjem odgovarajućih programskih aplikacija: NAMD-VMD, Gromacs-VMD, UCSF Chimera):

- parametrizacija i topologija liganda, analize RMSD, RMSF, $g(r)$ vrijednosti i promjena energije
- molekularna dinamika protein-ligand interakcija: modeliranje polja sila, vrijednosti entalpije, entropije i slobodne energije vezanja.
- simulacije navođenom molekularnom dinamikom (stirred MD). Gruba molekularna dinamika (coarse-grained MD). Maxwell-Boltzmann distribucija. Spajanje slijeda Maxwell-Boltzmann distribucija metodom kišobrana (umbrella sampling)

QM/MM analize. Effective Field Potential protokoli. Različiti QM modeli i odabir QM pristupa. Ab-initio vs. semi empirijske metode. Hartree-Fock metode, post Hartree-Fock metode (RHF, URF, ROHF), DFT, MP2, korelacijske metode. IR



spektri, Raman spektri, Hessova matrica. Kinetički izotopni efekti.
 Simulacije reakcijske koordinate za različite mehanizme reakcije. Imaginarne frekvencije vibracija, traženje točke sedla, računanje energije prijelaznog stanja (TS, IRC, DRC, MEP protokoli). Pretraživanje slijeda koraka u mehanizmu reakcije (string metode i nudged elastic band metode).
 Praktični primjeri QM analiza u ponašanju malih molekula. Simulacije UV-VIS spektra, CD spektra, fluorescencije, fosforescencija, polarizacija, anizotropija i FRET. Intrinzička fluorescencija biomolekula i fluorescentno označavanje biomolekula. Primjeri QM/MM analiza: katalitički mehanizam odabranih enzima, analize oštećenja DNA, simulacija kemijskih procesa u nastanku života na zemlji.

1.5. Vrste izvođenja nastave	<input type="checkbox"/> predavanja <input type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input checked="" type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input checked="" type="checkbox"/> laboratorij <input checked="" type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo _____ _____		
1.6. Komentari	Dio računalnih analiza i simulacija studenti će obavljati samostalno na osobnom računalu, a dio na sveučilišnom superračunalu Bura.			
1.7. Obveze studenata				
Studenti su obavezni samostalno izraditi zadatke računalnih analiza i simulacija koje će biti zadane. Studenti će biti uključeni u znanstveni projektni rad zajedno s mentorom, gdje su obavezni pravovremeno izvršavati dodijeljene zadatke.				
1.8. Praćenje ¹⁷ rada studenata				
Pohađanje nastave	Aktivnost u nastavi	Seminarski rad	Eksperimentalni rad	x
Pismeni ispit	Usmeni ispit	Esej	Istraživanje	x
Projekt	x Kontinuirana provjera znanja	Referat	Praktični rad	x
Portfolio				
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu				
Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Detaljna razrada načina praćenja i ocjenjivanja rada studenata bit će prikazana u izvedbenom planu predmeta.				
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)				
1. I.N. Serdyuk, N.R. Zaccai, J. Zaccai: Methods in Molecular Biophysics - Structure, Dynamics, Function. Cambridge University Press, 2007.				
2. R. Kaźmierkiewicz: Introduction to Molecular Modeling. Intercollegiate Faculty of Biotechnology UG-MUG, 2011.				
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)				
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu				
Naslov		Broj primjeraka	Broj studenata	
Literatura će biti dostupna u obliku pdf datotka u sklopu odgovarajućeg e-kolegija.				
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija				
Kontinuirano praćenje osobnog napretka svakog studenta davanjem povratne informacije na izradu rješenja postavljenih zadataka.				

¹⁷ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Silvia Tomić	
Naziv predmeta	Molekularni materijali reducirane dimenzionalnosti	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	20+20+10

1. OPIS PREDMETA		
1.1. Ciljevi predmeta		
<p>Cilj ovog predmeta je kroz predviđene aktivnosti prezentirati studentima fizikalne koncepte i fenomene specifične za napredne kvantne materijale reducirane dimenzionalnosti građene od organskih molekula: jake elektronske korelacije, supravodljivost, elektronske faze vala gustoće itinerantnih naboja i spina, uređenja lokaliziranih naboja, elektronska feroelektričnost i multiferoičnost. Studenti će se također upoznati sa modernim eksperimentalnim metodama i postupcima koje se primjenjuju u istraživanjima statičkih i dinamičkih svojstava sektora naboja i spina u cilju boljeg opisa navedenih fizikalnih fenomena.</p>		
1.2. Uvjeti za upis predmeta		
Nema uvjeta.		
1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet		
<p>Po završetku ovog kolegija studenti će biti u stanju opisati fazne dijagrame, vezu između kristalografske i elektronske strukture te specifičnosti elektronskog transporta i dinamike u različitim elektronskim fazama. Studenti će također biti osposobljeni da analiziraju mjerene podatke elektronskog transporta i dinamike koristeći bazične teorijske modele. Očekujemo da će studenti moći argumentirati odabir odgovarajuće eksperimentalne metode u cilju dobivanja potrebnih informacija o fizikalnim svojstvima molekularnih materijala.</p>		
1.4. Sadržaj predmeta		
Strukturalna svojstva; Fazni dijagrami; Elektronske faze: supravodljivost, valovi gustoće naboja i spina; uređenje lokaliziranih naboja, feroelektričnost. Eksperimentalne metode.		
1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo
1.6. Komentari	Ocjenjuje se razina aktivnosti na predavanjima, seminarima i vježbama. Završni ispit: usmeni	
1.7. Obveze studenata		
Redovito pohađati predavanja, seminare i vježbe; napisati i na vrijeme predati (prije) utvrđeni broj seminara; položiti završni ispit (usmeni).		
1.8. Praćenje ¹⁸ rada studenata		
Aktivnost u nastavi	2	

¹⁸ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Seminarski rad	4
Usmeni ispit	2

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu se vrednuje tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 70% (ocjenjuju se aktivnosti označene u Tablici 1.8), dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 30%.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Organic Superconductors, Springer Series in Solid-State Sciences, Ed. T. Ishiguro and K. Yamaji, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg (1990).

The physics of Organic Superconductors and Conductors, Springer Series in Materials Science, Ed. A. Lebed, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg (2008).

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Odgovarajući članci u znanstvenim časopisima, prema potrebi:

D.Jerome, Organic Superconductors: when correlations and magnetism walk in, Journal of Superconductivity and Novel Magnetism 25, 633 (2012).

S.Tomić and M.Dressel, Ferroelectricity in molecular solids, a review od electrodynamic properties, Rep.Prog.Phys. 78, 096501 (2015).

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

<i>Naslov</i>	<i>Broj primjeraka</i>	<i>Broj studenata</i>

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Stalna interakcija sa studentima. Fleksibilno prilagođavanje nastave interesima i potrebama studenata.



Opće informacije		
Nositelji predmeta	Izv. prof. dr. sc. Gordana Žauhar	
Naziv predmeta	Ultrazvuk u medicini	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	25+15+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Razumijevanje osnovnih fizikalnih pojmova vezanih uz ultrazvuk i njegovu primjenu u medicini. Razumijevanje fizikalnih pojava na kojima se temelji generiranje ultrazvučnih valova, te poznavanje osnovnih mehanizama međudjelovanja ultrazvučnih valova s materijom. Poznavanje osnovnih načela rada ultrazvučnih ehoskopa i uređaja na Dopplerovom načelu. Razumijevanje temeljnih načela rada uređaja za detekciju i mjerenje fizikalnih veličina kojima se karakteriziraju ultrazvučni snopovi u medicinskoj uporabi.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Upisan doktorski studij Fizika.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Po završetku kolegija studenti će:

- ovladati fizikalnim osnovama dijagnostičkih i terapijskih metoda koje se temelje na uporabi ultrazvuka
- znati objasniti način rada ultrazvučnih ehoskopa i uređaja na Dopplerovom principu
- razumjeti postupke kontrole kvalitete ultrazvučnih uređaja
- razumjeti djelovanje ultrazvučnih valova na različite tvari i tkiva koja su temelj terapijskih metoda u medicini
- poznavati postupke mjerenja karakteristika ultrazvučnog polja
- poznavati propise koji osiguravaju siguran rad s ultrazvučnim uređajima, te razumijeti važnost njihove primjene
- biti osposobljeni za kritičko praćenje znanstvene literature iz područja medicinske primjene ultrazvuka

1.4. Sadržaj predmeta

Ultrazvučni valovi i njihova svojstva

Ultrazvučni valovi, ravni val, sferni val, ultrazvučni snop.

Refleksija, raspršenje, lom valova u sredstvima i na granicama sredstva.

Intenzitet i energija valova.

Sile u sredstvu i reflektorima izloženim ultrazvuku.

Slabljenje ultrazvuka prolaskom kroz tvari

Dobivanje ultrazvučnih valova

Generiranje ultrazvučnih snopova, piezoelektrični efekt, složeni pretvarači.

Ultrazvučni ehoskopi

Način funkcioniranja,

Razlučivanje, granice razlučivanja.

Kontrola kvalitete ultrazvučnih ehoskopa

Dopplerov učinak za ravni val

Mjerenje brzine Dopplerovim učinkom.

Uređaji na Dopplerovom načelu.

Kontinuirani i impulsni sustavi.

Teorem uzimanja uzoraka i posljedice na točnost mjerenja.

Terapijski ultrazvuk

Primjena ultrazvuka u fizikalnoj terapiji



Veliki intenziteti i njihova primjena.
Mjerenje karakteristika ultrazvučnog polja
Hidrofon, ultrazvučne vage.
Pojave koje mogu nastati kao posljedica širenja ultrazvuka kroz sredstva: zagrijavanje, kavitacije, akustičko strujanje
Pitanja štetnosti medicinskog ultrazvuka.

1.5. Vrste izvođenja nastave	<input type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input type="checkbox"/> vježbe <input type="checkbox"/> obrazovanje na daljinu <input type="checkbox"/> terenska nastava	X <input type="checkbox"/> samostalni zadaci <input type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorij X <input type="checkbox"/> mentorski rad <input type="checkbox"/> ostalo			
1.6. Komentari					
1.7. Obveze studenata					
Studenti su obavezni samostalno izraditi zadatke koje će im biti zadani. Studenti će biti uključeni u znanstveni rad zajedno s mentorom.					
1.8. Praćenje ¹⁹ rada studenata					
Pohađanje nastave	Aktivnost u nastavi	Seminarski rad	X	Eksperimentalni rad	x
Pismeni ispit	Usmeni ispit	Esej		Istraživanje	x
Projekt	x Kontinuirana provjera znanja	Referat		Praktični rad	x
Portfolio					
1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu					
Uvjet za izlazak na usmeni ispit iz kolegija Ultrazvuk u medicini je dobro riješen seminarski zadatak. Tek nakon što je predao pismeno rješenje zadatka, student pristupa usmenom dijelu ispita.					
1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
3. C.R. Hill, Physical Principles of Medical Ultrasonics, John Wiley & Sons, Chichester, 2005. 4. B. Breyer, Medicinski dijagnostički ultrazvuk, Školska knjiga, Zagreb, 1991.					
1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)					
F.A. Duck, A.C. Baker, H.C. Starritt, Ultrasound in Medicine, IOP Publishing Ltd, 1998.					
1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu					
Naslov		Broj primjeraka		Broj studenata	
C.R. Hill, Physical Principles of Medical Ultrasonics, John Wiley & Sons, Chichester, 2005.		1		0	
B. Breyer, Medicinski dijagnostički ultrazvuk, Školska knjiga, Zagreb, 1991.		1		0	
1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija					
Kontinuirano praćenje osobnog napretka svakog studenta davanjem povratne informacije na izradu rješenja postavljenih zadataka.					

¹⁹ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	prof. dr. sc. Saša Zelenika	
Naziv predmeta	Mikro- i nanoelektromehanički sustavi	
Studijski program	Sveučilišni poslijediplomski (doktorski) studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	25+15+10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Sustavno razumijevanje te kritička analiza i evaluacija najnovijih znanstvenih spoznaja na području mikro- i nanoelektromehaničkih sustava (MEMS i NEMS). Usvajanje znanja o primjeni zakonitosti skaliranja, o principima tehnologija proizvodnje te manipulacije i montaže MEMS i NEMS sustava, o inovativnim materijalima i njihovoj primjeni, o modeliranju ponašanja te eksperimentalnoj validaciji MEMS i NEMS sustava – sve kod samostalnog rješavanja kompleksnih tehnologijskih zadataka. Usvajanje znanja i vještina znanstveno-istraživačkog rada te sinteze novih i kompleksnih ideja. Sposobnost komunikacije s ekspertima i istovrsnicima (*peers*).

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema uvjeta.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Klasificirati tipove i karakteristike MEMS i NEMS sustava i tehnologije njihove proizvodnje.
Procijeniti prednosti i nedostatke dosad razvijenih MEMS i NEMS sustava, načina modeliranja njihovog ponašanja i eksperimentalne validacije istog.
Samostalno implementirati principe tretirane materije na projektni zadatak.
Sintetizirati usvojena znanja i generirati inovativna tehnologijska rješenja.
Organizirati i planirati svoj rad na projektnom zadatku.
Prezentirati učinjeno na znanstveno konzistentan način uz razvoj vještina pisanja znanstvenih i stručnih djela.

1.4. Sadržaj predmeta

Uvod u MEMS i NEMS sustave.
Povijesni razvoj upotrebe MEMS-a i NEMS-a. Skalirajući učinci.
Tehnologije proizvodnje te manipulacije i montaže MEMS i NEMS sustava.
Svojstva korištenih (posebno inovativnih) materijala.
Pristupi modeliranju i simulaciji ponašanja MEMS-a i NEMS-a.
Pouzdanost sustava. Optimizacija sustava. Kompanzacija pogrešaka.
Eksperimentalna validacija ponašanja MEMS i NEMS sustava – od razine pojedinih komponenti do razine sustava.
Upotreba SMP, nanoindentacijskih i srodnih tehnologija na tom području.
Etička načela kod korištenja nanotehnologija.

1.5. Vrste izvođenja nastave

- predavanja
- seminari i radionice
- vježbe
- obrazovanje na daljinu
- terenska nastava

- samostalni zadaci
- multimedija i mreža
- laboratorij
- mentorski rad
- ostalo _____

1.6. Komentari

/

1.7. Obveze studenata

Prisutnost na nastavi (konzultacijama), rješavanje projektnog zadatka te priprema i izlaganje seminara.



1.8. Praćenje²⁰ rada studenata

Pohađanje nastave	0,5	Aktivnost u nastavi		Seminarski rad	2	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit		Usmeni ispit		Esej		Istraživanje	5
Projekt		Kontinuirana provjera znanja		Referat	0,5	Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Pohađanje nastave, projektni zadatak, seminarski rad i referat.

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

B. Bhushan B. (ed.): «Springer Handbook of Nanotechnology» - 3rd ed., Springer Verlag, Berlin (DE), 2010.

S. Zelenika i E. Kamenar: «Precizne konstrukcije i tehnologija mikro- i nanosustava», Sveučilište u Rijeci – Tehnički fakultet, 2015.

F. De Bona i E. Enikov (ed.): «Microsystems Mechanical Design – CISM Courses and Lectures No. 478», Springer Verlag, Wien (A), 2006.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

M. J. Jackson: «Microfabrication and Nanomanufacturing», CRC Press, Boca Raton (FL, USA), 2006.

M. J. Madou: «Fundamentals of Microfabrication – The Science of Miniaturisation», CRC Press, Boca Raton (FL, USA), 2002.

Schmidt R. M., Schitter G., Rankers A. i van Eijk J.: «The Design of High Performance Mechatronics – High-tech Functionality by Multidisciplinary System Integration» - 2nd ed., Delft University Press, Delft (NL), 2014.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
B. Bhushan B. (ed.): Springer Handbook of Nanotechnology	1	0
S. Zelenika i E. Kamenar: Precizne konstrukcije i tehnologija mikro- i nanosustava	10	0
F. De Bona i E. Enikov (ed.): Microsystems Mechanical Design – CISM Courses and Lectures No. 478	2	0
M. J. Jackson: Microfabrication and Nanomanufacturing	1	0
M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication – The Science of Miniaturisation	1	0
Schmidt R. M., Schitter G., Rankers A. i van Eijk J.: The Design of High Performance Mechatronics – High-tech Functionality by Multidisciplinary System Integration	1	0

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Kroz ustrojeni sustav osiguranja kvalitete Odjela za fiziku i Sveučilišta u Rijeci.

Konstantna interakcija i rad sa studentima na unapređenju kvalitete nastave.

Fleksibilno prilagođavanje nastave interesima i potrebama studenata.

²⁰ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Igor Žutić	
Naziv predmeta	SUVREMENI KONCEPTI MAGNETIZMA I SUPRAVODLJIVOSTI	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1. godina	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	30 + 15 + 10

1. OPIS PREDMETA		
1.1. Ciljevi predmeta		
Osnovni ciljevi ovog kolegija su: <ul style="list-style-type: none">- da se osigura teorijsko znanje o različitim aspektima kvantne teorije magnetizma, BCS teoriji supravodljivosti i novijim teorijama koje su temeljene na elektronskoj korelaciji;- da se naglasi da su pojave realizacija termodinamičkog stanja koje lomi kontinuiranu simetriju. U slučaju magnetizma, riječ je o rotacijskoj invarijantnosti. U slučaju supravodljivosti, radi se o baždarnoj invarijantnosti.		
1.2. Uvjeti za upis predmeta		
Nema preduvjeta.		
1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet		
Nakon što studenti polože ispit iz kolegija <i>Suvremeni koncepti magnetizma i supravodljivosti</i> , bit će osposobljeni da: <ol style="list-style-type: none">1. pojašne osnovne pojave i primjene u magnetizmu i supravodljivosti;2. opišu ključne fizičke principe u magnetizmu i supravodljivosti;3. riješe jednostavnije i složenije zadatke pomoću naprednih računskih tehnika, kao što su Greenove funkcije;4. izvedu najvažnije teorijske rezultate iz zadanih pretpostavki;5. ispravno rastumače ideje u važnim znanstvenim člancima iz polja magnetizma i supravodljivosti.		
1.4. Sadržaj predmeta		
POGLAVLJE I: OSNOVE Orbitalni i spinski magnetizam bez interakcija. Interakcije izmjene. Fazni prijelazi u magnetizmu. Teorija srednjeg polja. Isingov model. Linearni odziv. Spinski valovi. Magnetizam delokaliziranih elektrona. Makroskopski aspekti supravodljivosti. Ginzburg-Landauova teorija. BCS teorija supravodljivosti. Vrtlozi u tipu II supravodiča. Josephsonov efekt i kvantni interferometri.		
POGLAVLJE II: ODABRANE TEME Teorija jakih elektronskih korelacija. RPA teorija feromagnetizma u metalima. Magnetizam slitina s niskom gustoćom primjese. Metoda Greenovih funkcija u magnetizmu. Greenova funkcija za supravodič. Andrejeva refleksija. Paramagnetske primjese u supravodičima. Supravodiči s magnetskim uređenjem. Supravodiči s teškim fermionima. Visokotemperaturni supravodiči. Organski supravodiči.		
1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja <input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice <input checked="" type="checkbox"/> vježbe <input checked="" type="checkbox"/> e-učenje <input type="checkbox"/> terenska nastava <input type="checkbox"/> praktična nastava <input type="checkbox"/> praktikumska nastava	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci <input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža <input type="checkbox"/> laboratorijski rad <input type="checkbox"/> projektna nastava <input type="checkbox"/> mentorski rad <input checked="" type="checkbox"/> konzultativna nastava <input type="checkbox"/> ostalo _____
1.6. Komentari	Obvezni seminari i kratki referati (5-10 minuta) sastojat će se od razrade i dopune tema s predavanja.	
1.7. Obveze studenata		



- redovito pohađanje predavanja i vježbi
- studenti su dužni riješiti, napisati te predati prije utvrđeni broj domaćih zadaća na vrijeme
- izraditi seminar s PowerPoint prezentacijom te ga pred razredom referirati
- položiti dva pismena kolokvija (pismeni dio ispita) s numeričkim zadacima tijekom semestra
- položiti usmeni dio ispita

1.8. Praćenje²¹ rada studenata

Pohađanje nastave	0.5	Aktivnost u nastavi	0.5	Seminarski rad	1.5	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit	3.0	Usmeni ispit	3.0	Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja	1.0	Referat	0.5	Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 70 (ocjenjuju se aktivnosti označene u tablici), dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 30%.

Detaljna razrada načina praćenja i ocjenjivanja rada studenata bit će prikazana u izvedbenom planu predmeta!

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Bennemann K. H. and Ketterson J. B. (editors), *Superconductivity - Conventional and Unconventional Superconductors*, vol. 1 and vol. 2, Springer-Verlag, Berlin, 2008.

Kakehashi Y., *Modern Theory of Magnetism in Metals and Alloys*, Springer-Verlag, Berlin, 2012.

Kruchinin S., Nagao H. and Aono S., *Modern Aspects of Superconductivity – Theory of Superconductivity*, World Scientific, Singapore, 2011.

Levy L-P., *Magnetism and Superconductivity*, Springer-Verlag, Berlin, 2000.

Stöhr J and Siegmann H. C., *Magnetism from Fundamentals to Nanoscale Dynamics*, Springer-Verlag, Berlin, 2008.

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Fazekas, *Electron Correlation and Magnetism*, World Scientific, Singapore, 1999.

Tinkham M., *Introduction to Superconductivity*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1996.

Yosida K., *Theory of Magnetism*, Springer-Verlag, Berlin, 1996.

Nolting W. and Ramakanth A. *Quantum Theory of Magnetism*, Springer-Verlag, Berlin, 2009.

Fosshem K. and Sudbø, *Superconductivity: Physics and Applications*, John Wiley & Sons, New York, 2004.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Levy L-P., <i>Magnetism and Superconductivity</i> , Springer-Verlag, Berlin, 2000.	2	5
Stöhr J and Siegmann H. C., <i>Magnetism from Fundamentals to Nanoscale Dynamics</i> , Springer-Verlag, Berlin, 2008.	2	5

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Redovito praćenje studentovih aktivnosti i odnosa prema radu, pregledavanje studentskih domaćih uradaka. U zadnjem tjednu nastave provodit će se anonimna anketa u kojoj će studenti evaluirati kvalitetu održane nastave. Na kraju svakog semestra (1. ožujka i 30. rujna tekuće akademske godine) provest će se analiza uspješnosti studenata na održanim ispitima u tom semestru.

²¹ VAŽNO: Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.



Opće informacije		
Nositelj predmeta	Igor Žutić	
Naziv predmeta	TEORIJSKE OSNOVE SPINTRONIKE	
Studijski program	Doktorski studij Fizika	
Status predmeta	Izborni	
Godina	1. godina	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS koeficijent opterećenja studenata	8
	Broj sati (P+V+S)	30 + 15 + 10

1. OPIS PREDMETA

1.1. Ciljevi predmeta

Osnovni ciljevi ovog kolegija su:

- da se osigura teorijsko znanje o temeljnim fizičkim principima generiranja nositelja spinske polarizacije, spinske dinamike i spinskog transporta u poluvodičima i metalima;
- da se izloži eksperimentalni rad s naglaskom na mogućim primjenama, u kojima se električno i magnetsko polje te obasjavanje svjetlošću koriste za kontrolu spina i dinamiku naboja. Time se otvaraju nove mogućnosti i načini primjena koji nisu ostvarivi ili su neefikasni upotrebom uobičajene elektronike.

1.2. Uvjeti za upis predmeta

Nema preduvjeta.

1.3. Očekivani ishodi učenja za predmet

Nakon što studenti polože ispit iz kolegija Teorijske osnove spintronike, bit će osposobljeni da:

6. pojasne osnovne spintroničke pojave i moguće primjene spintronike;
7. opišu ključne fizičke principe u spintronici;
8. riješe jednostavnije i složenije zadatke analitički i numerički pomoću poznatih programskih paketa Mathematica i Matlab;
9. izvedu najvažnije teorijske rezultate iz zadanih pretpostavki;
10. ispravno rastumače ideje u važnim znanstvenim člancima iz polja spintronike.

1.4. Sadržaj predmeta

POGLAVLJE I: *Uvod*. Pregled područja spintronike. Povijest i razvoj ranih ideja. Spinski polarizirani transport i magnetootpornosne pojave. Spinsko injektiranje i optička orijentacija. POGLAVLJE II: *Generiranje spinske polarizacije*. Optička spinska orijentacija. Teorije spinskog injektiranja. Eksperimenti iz područja spinskog injektiranja. POGLAVLJE III: *Spinska relaksacija i spinska fazna dekoherencija*. Mehanizmi spinske relaksacije. Spinska relaksacija u metalima. Spinska relaksacija u poluvodičima. POGLAVLJE IV: *Spintronički uređaji i primjene*. Spinski polarizirani transport. Odabir i upotreba materijala. Spinski filteri. Spinske diode. Spinski tranzistori. Spinski qubitovi u poluvodičkim nanostrukturama. Poluvodički spinski laseri.

1.5. Vrste izvođenja nastave	<input checked="" type="checkbox"/> predavanja	<input checked="" type="checkbox"/> samostalni zadaci
	<input checked="" type="checkbox"/> seminari i radionice	<input checked="" type="checkbox"/> multimedija i mreža
	<input checked="" type="checkbox"/> vježbe	<input type="checkbox"/> laboratorijski rad
	<input checked="" type="checkbox"/> e-učenje	<input type="checkbox"/> projektna nastava
	<input type="checkbox"/> terenska nastava	<input type="checkbox"/> mentorski rad
	<input type="checkbox"/> praktična nastava	<input checked="" type="checkbox"/> konzultativna nastava
	<input type="checkbox"/> praktikumska nastava	<input type="checkbox"/> ostalo _____

1.6. Komentari

Obvezni seminari i kratki referati (5-10 minuta) sastojat će se od razrade i dopune tema s predavanja.

1.7. Obveze studenata

- redovito pohađanje predavanja i vježbi
- studenti su dužni riješiti, napisati te predati prije utvrđeni broj domaćih zadaća na vrijeme



- izraditi seminar s PowerPoint prezentacijom te ga pred razredom referirati
- položiti dva pismena kolokvija (pismeni dio ispita) s numeričkim zadacima tijekom semestra
- položiti usmeni dio ispita

1.8. Praćenje²² rada studenata

Pohađanje nastave	0.5	Aktivnost u nastavi	0.5	Seminarski rad	1.5	Eksperimentalni rad	
Pismeni ispit	3.0	Usmeni ispit	3.0	Esej		Istraživanje	
Projekt		Kontinuirana provjera znanja	1.0	Referat	0.5	Praktični rad	
Portfolio							

1.9. Ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 70 (ocjenjuju se aktivnosti označene u tablici), dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 30%.

Detaljna razrada načina praćenja i ocjenjivanja rada studenata bit će prikazana u izvedbenom planu predmeta!

1.10. Obvezna literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Žutić I., Fabian J., and Das Sarma S., "Spintronics: Fundamentals and applications", Rev. Mod. Phys. **76**, p. 323 - 410, 2004.

Tsymbal E. Y., Žutić I., *Handbook of Spin Transport and Magnetism*, CRC Press, Boca Raton, 2012.

Fabian J. Matos-Abiague A., Ertler C., Stano P., Žutić I., "Semiconductor Spintronics", Acta Physica Slovaca **57**, No. 4&5, p. 565-907, 2007. (može se preuzeti na <http://www.physics.sk/aps/pubs/2007/aps-07-04/aps-07-04.pdf>)

1.11. Dopunska literatura (u trenutku prijave prijedloga studijskog programa)

Bandyopadhyay S., Cahay M., *Introduction to Spintronics*, CRC Press, Boca Raton, 2015.

Maekawa S. (editor), *Concepts in Spin Electronics*, Oxford University Press, Oxford, 2006.

Xu Y., Awschalom D. D., Nitta J. (editors), *Handbook of Spintronics*, Springer-Verlag, Berlin, 2016.

1.12. Broj primjeraka obvezne literature u odnosu na broj studenata koji trenutno pohađaju nastavu na predmetu

Naslov	Broj primjeraka	Broj studenata
Žutić I., Fabian J., and Das Sarma S., "Spintronics: Fundamentals and applications", Rev. Mod. Phys. 76 , p. 323 - 410, 2004.	1	5
Tsymbal E. Y., Žutić I., <i>Handbook of Spin Transport and Magnetism</i> , CRC Press, Boca Raton, 2012.	2	5

1.13. Načini praćenja kvalitete koji osiguravaju stjecanje izlaznih znanja, vještina i kompetencija

Redovito praćenje studentovih aktivnosti i odnosa prema radu, pregledavanje studentskih domaćih uradaka. U zadnjem tjednu nastave provodit će se anonimna anketa u kojoj će studenti evaluirati kvalitetu održane nastave. Na kraju svakog semestra (1. ožujka i 30. rujna tekuće akademske godine) provest će se analiza uspješnosti studenata na održanim ispitima u tom semestru.

²² **VAŽNO:** Uz svaki od načina praćenja rada studenata unijeti odgovarajući udio u ECTS bodovima pojedinih aktivnosti tako da ukupni broj ECTS bodova odgovara bodovnoj vrijednosti predmeta. Prazna polja upotrijebiti za dodatne aktivnosti.