

UNIVERZITET U SARAJEVU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA FIZIKU

NASTAVNI PLAN I PROGRAM
Akadska 2023/2024. godina

DOKTORSKI STUDIJ FIZIČKIH NAUKA

Sarajevo, mart 2023. godine

OPŠTI PODACI O STUDIJSKOM PROGRAMU

NAZIV PROGRAMA:	Doktorski studij fizičkih nauka
TIP PROGRAMA:	Akademski
NIVO PROGRAMA:	Treći ciklus visokog obrazovanja
CILJEVI PROGRAMA:	<ul style="list-style-type: none">• sticanje znanja i vještina koje kvalifikuju studente za samostalan naučnoistraživački rad iz jedne od sljedećih oblasti: fizike kondenzirane materije, atomske, molekularne i optičke fizike, fizike visokih energija, primijenjene fizike• sticanje sposobnosti prepoznavanja i definiranja problema istraživanja, sposobnosti odabira i eksploatacije odgovarajuće metodologije za sprovođenje istraživanja, kao i donošenja zaključaka na osnovu rezultata istraživanja• razvijanje sposobnosti za sistematsko rješavanje različitih problema iz jedne od prethodno navedenih oblasti fizike• razvijanje komunikacijskih, socijalnih, matematičko-informatičkih i istraživačkih vještina.
NOSILAC PROGRAMA:	Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za fiziku
NAUČNA OBLAST:	Fizika
ORGANIZACIJA STUDIJSKOG PROGRAMA:	Doktorski studij se organizuje iz jedne od sljedeće četiri oblasti: fizike kondenzirane materije, atomske, molekularne i optičke fizike, fizike visokih energija i primijenjene fizike. Nastavno-naučni proces organiziran je kroz predavanja, seminare i vježbe kao i pripremu, izradu i odbranu radne i konačne verzije doktorske disertacije. U toku prve godine studija, studenti pohađaju jedan obavezni i pet izbornih predmeta od kojih su najmanje tri iz oblasti iz koje će student raditi doktorsku disertaciju. Preostala dva izborna predmeta student, uz konsultacije sa supervizorom, bira iz bilo koje oblasti u skladu sa potrebama izrade doktorske disertacije i ličnim preferencijama. Na početku studija, kandidat uz konsultacije sa supervizorom bira one predmete koji će ga najbolje pripremiti za izradu i odbranu doktorske disertacije. U toku druge i treće godine kandidati provode aktivnosti na pripremi, izradi i odbrani doktorske disertacije.
TRAJANJE STUDIJSKOG PROGRAMA:	Predviđeno je da studijski program traje tri godine, tj. šest semestara.
JEZIK NA KOJEM SE IZVODI STUDIJSKI PROGRAM:	bosanski/hrvatski/srpski jezik i/ili engleski jezik
PRISTUP STUDIJSKOM PROGRAMU:	Pravo upisa na studijski program imaju kandidati koji su završili I i II ciklus studija odnosno integrisani studijski program sa najmanje 300 ECTS kredita, kao i kandidati koji su stekli titulu magistra nauka . Pored toga, pravo upisa imaju samo oni kandidati koji su u toku prvog i drugog ciklusa studija, odnosno diplomskog i postdiplomskog studija ostvarili prosjek ocjena od minimalno 7,5. Kandidati su dužni prilikom prijavljivanja na konkurs za upis priložiti pismenu saglasnost potencijalnog supervizora/mentora.

INFORMACIJE O KVALIFIKACIJI:

Naziv kvalifikacije: Doktor/doktorica fizičkih nauka
Nivo kvalifikacije: Treći ciklus visokog obrazovanja;
Nivo 8 u Osnovama nacionalnog
kvalifikacijskog okvira

**ANALIZA MOGUĆNOSTI
ZAPOŠLJAVANJA:**

Titula doktor/doktorica fizičkih nauka/znanosti kvalificira nositelja/nositeljicu za samostalno izvođenje nastave na predmetima iz odgovarajuće oblasti fizike i naučnoistraživački rad na univerzitetskom nivou i u naučnoistraživačkim institutima. Osim toga, nositelji titule kvalificirani su za rad i u drugim institucijama, firmama, kompanijama, na pozicijama koje zahtijevaju adekvatna teorijska i primijenjena znanja.

BODOVANJE I OCJENJIVANJE:

Rad kandidata se tokom prve studijske godine vrednuje kroz ocjenjivanje izvršenih obaveza odnosno polaganje ispita na obaveznom i izbornim predmetima. Tokom trećeg semestra kandidat priprema prijedlog projekta doktorske disertacije koji se vrednuje i ocjenjuje putem odbrane, pred imenovanom komisijom. U toku četvrtog i petog semestra kandidat priprema radnu verziju doktorske disertacije koja se ocjenjuje od strane prethodno imenovane komisije, a u zadnjem semestru studija priprema i brani finalnu verziju disertacije.

**ISHODI UČENJA NA NIVOU STUDIJSKOG
PROGRAMA:****Ishodi učenja specifični za fiziku**

Nositelji diplome su u stanju da:

- kompetentno koriste pojmove i formalizam date oblasti fizike radi analiziranja odgovarajućih fizikalnih pojava i procesa
- definiraju probleme istraživanja iz date oblasti fizike, i zatim sprovode istraživanja u skladu sa metodologijom ovog područja,
- provode originalna istraživanja i daju vlastiti naučni doprinos koji proširuje postojeća znanja iz date oblasti fizike.

Generički ishodi učenja

Od nositelja diploma se očekuje:

- da su u stanju da vrše kritičku analizu, evaluaciju i sintezu novih i složenih ideja,
- Da samostalno provode istraživanja i prezentiraju rezultate tih istraživanja u naučnim publikacijama i na naučnim skupovima,
- da kompetentno komuniciraju sa kolegama, širom naučnom zajednicom, i društvom u cjelini iz oblasti svoje ekspertize,
- da primjenjuju priznate etičke kodekse u svom istraživanju,
- da promoviraju unutar akademske i profesionalne zajednice tehnološki, društveni i kulturni napredak u društvu zasnovanom na znanju.

IZBORNI PREDMETI:

Vijeće dokorskog studija svake akademske godine usvaja listu mogućih izbornih predmeta i odlučuje o realizaciji istih u skladu sa trenutnim kadrovskim i materijalnim resursima te potrebama i interesu studenata.

ZAVRŠETAK STUDIJA:

Studenti završavaju studij polaganjem svih ispita predviđenih planom i programom, te uspješnom odbranom finalne verzije doktorske disertacije.

NASTAVNI PLAN

PRVA GODINA STUDIJA

PREDMETI		I	II	BROJ ECTS BODOVA
	ŠIFRA	P+V	P + V	
Metodologija naučnog istraživanja u fizici	PTH7001	30		10
Izborni predmet		30		10
Izborni predmet		30		10
Ukupno ECTS bodova za I semestar				30
Izborni predmet			30	10
Izborni predmet			30	10
Izborni predmet			30	10
Ukupno ECTS bodova za II semestar				30

DRUGA I TREĆA GODINA STUDIJA

SEMESTAR	III	IV	V	VI	BROJ ECTS BODOVA
PREDMETI	ŠIFRA	ŠIFRA	ŠIFRA	ŠIFRA	
Rad na doktorskoj disertaciji I	PHY9011				30
Rad na doktorskoj disertaciji II		PHY9021			30
Rad na doktorskoj disertaciji III			PHY9031		30
Rad na doktorskoj disertaciji IV				PHY9041	20
Obrana doktorske disertacije				PHY9051	10
Ukupan broj ECTS bodova za tri godine					180

POPIS IZBORNIH PREDMETA

OBLAST: FIZIKA KONDENZIRANE MATERIJE		
NAZIV PREDMETA	ŠIFRA	BROJ ECTS BODOVA
Površinske analize materijala	PCM7011	10
Suprafluidnost i supravodljivost	PCM7021	10
Termičke i strukturne analize materijala	PCM7031	10
Teorija perkolacije	PCM7041	10
Akvizicija podataka	PCM7051	10
Elektrohemija za nauku o materijalima	POT7061	10

OBLAST: ATOMSKA, MOLEKULARNA I OPTIČKA FIZIKA		
NAZIV PREDMETA	ŠIFRA	BROJ ECTS BODOVA
Napredna kvantna mehanika	PTH7011	10
Fizika atoma i jona	PTH7021	10
Kompjutaciona fizika	PTH7031	10
Integrali po trajektorijama i semiklasična fizika	PTH7041	10
Napredna statistička fizika	PTH7051	10
Molekule u laserskom polju	PTH7061	10
Kvantna teorija sudara	PTH7071	10
Teorija multifotonskih procesa	PTH7081	10
Viši kurs elektrodinamike	PTH7091	10
Mašinsko učenje i neuronske mreže u fizici	PCS8011	10

OBLAST: FIZIKA VISOKIH ENERGIJA		
NAZIV PREDMETA	ŠIFRA	BROJ ECTS BODOVA
Napredni kurs kvantne teorije polja	PTH8011	10
Viši kurs fizike elementarnih čestica	PTH8021	10
Simetrije u fizici elementarnih čestica	PTH8031	10
Fizika čestica na srednjim energijama	PTH8041	10

OBLAST: PRIMIJENJENA FIZIKA		
NAZIV PREDMETA	ŠIFRA	BROJ ECTS BODOVA
Napredne slikovne metode u radiologiji	PAP7011	10
Napredna medicinska fizika	PAP7021	10
Senzori na bazi svjetlosnih vlakana	PAP7031	10
Mikrokontroleri u fizici	PAP7041	10
Fizika akceleratora I	PAP7051	10
Napredne eksperimentalne tehnike u nuklearnoj fizici	PAP7061	10
Monte Carlo simulacije u radijacijskoj fizici	PAP7071	10
Primjena radijacijske i nuklearne fizike	PAP7081	10

I GODINA

(I i II semestar)

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	METODOLOGIJA NAUČNOG ISTRAŽIVANJA U FIZICI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7001	I	OBAVEZNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznavanje studenata sa osnovama metodologije naučnoistraživačkog rada, statistikom u istraživanjima u fizici i osnovama naučnog pisanja.</p> <p>Ovladavanje sa osnovama metodologije naučnoistraživačkog rada, statistikom u istraživanjima u fizici i osnovama naučnog pisanja.</p> <p>Očekuje se da studenti uspješno usvoje sadržaj predmeta i polože ispit.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Zašto i kako istraživati u fizici.</p> <p>Naučni postupak, teškoće pri bavljenju naučnoistraživačkim radom u fizici.</p> <p>Pripreme prije istraživanja, dizajn istraživanja, uzorak, hipoteza.</p> <p>Vrste naučnih istraživanja s obzirom na nivo i svrhu, istraživački projekti, preliminarna istraživanja.</p> <p>Statistika u istraživanjima u fizici, sabiranje i prikazivanje rezultata i izbor statističkih metoda.</p> <p>Osnovne informacije o naučnom pisanju.</p> <p>Kategorizacija publikacija.</p> <p>Autorstvo i koautorstvo.</p> <p>Pripreme za pisanje publikacije, pisanje recenzije, pisanje stručnog članka, slanje rukopisa u časopis, odgovor na odluku urednika.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>Obavezna literatura:</p> <p>- Vlatko Silobrčić, <i>Kako sastaviti, objaviti i ocijeniti znanstveno djelo</i>, HAZU, Zagreb, 2010.</p> <p>- Zoran V. Popović, <i>Kako napisati i objaviti naučno delo</i>, drugo izdanje, Akademska misao, Beograd i Institut za fiziku, Zemun, 2004.</p> <p>Šira literatura:</p> <p>- Midhat Šamić, <i>Kako nastaje naučno djelo, Uvođenje u metodologiju i tehniku naučnoistraživačkog rada – opći pristup</i>, IX izdanje, IP „Svjetlost“ Sarajevo, 2003.</p> <p>- Herbert L. Hirsch, <i>Essential communication strategies for scientists, engineers, and technology professionals</i>, John Wiley & Sons, New Jersey, 2003.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski radovi	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

LISTA MOGUĆIH IZBORNIH PREDMETA

FIZIKA KONDENZIRANE MATERIJE

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	POVRŠINSKE ANALIZE MATERIJALA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCM7011	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je sticanje temeljnih znanja o modernim eksperimentalnim tehnikama koje se koriste u karakterizaciji naprednih materijala kroz aktivno korištenje analitičkih instrumenata.</p> <p>Ishodi učenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - razumije teorijske osnove tehnika skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i mikroskopije atomskim silama (AFM). - primjenjuje teorijska znanja u eksperimentalnom radu. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Površinske analize. Osnove skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Karakteristike mikroskopa JEOL-JSM IT 200L. Primjeri iz prakse.</p> <p>Osnove mikroskopije atomskim silama (AFM). Karakteristike Nanosurf CoreAFM-a. Primjeri iz prakse.</p> <p>U slučaju potrebe, kao komplementarna tehnika, studentima će biti dostupan i UV-vis spektrofotometar.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>[1] Peter Eaton, Paul West, Atomic Force Microscopy, Oxford University Press, USA, Year: 2010, ebook, ISBN: 0199570450,9780199570454</p> <p>[2] 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, Springer, Year: 2003, ebook, ISBN: 0306472929,9780306472923</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Seminarski rad	100
			Ukupno	100
Napomene				
<p>Student u skladu sa interesom i dostupnim materijalima za analizu, predlaže temu istraživanja, koju predmetni nastavnik potvrđuje. Istraživanje podrazumjeva obavezno eksperimentalni rad u području površinskih metoda karakterizacije. Rezultati istraživanja se pišu u formi naučnog rada i izlažu usmeno.</p>				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	SUPRAFLUIDNOST I SUPRAVODLJIVOST			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCM7021	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznati se sa pojavama suprafluidnosti i supravodljivosti</p> <p>Ishodi učenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - razumije teorijske osnove suprafluidnosti, - razumije teorijske osnove supravodljivosti, - primjenjuje teorijska znanja u eksperimentalnom radu. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Suprafluidnost: Historijski i fizikalni uvod u suprafluidnost: Helij, Kondenzati i pobuđenja</p> <p>Supravodljivost: Uvod, Supravodljivi materijali, Meissnerov efekat, Model dva fluida, Termodinamika supravodljivog stanja, Londonova jednačba, Pippardova teorija, Ginzburg-Landau teorija, Bardeen – Cooper – Schrieffer teorija, Josephsonov efekat, Primjene supravodljivosti</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>[1] Prof. dr. sc. Amir Hamzić, Suprafluidnost i supravodljivost, PMF Zagreb (2010);</p> <p>[2] James F. Annett, Superconductivity, Superfluids and Condensates, Oxford University press (2005);</p> <p>[3] P. Kapitza, Nature 141, 74, (1938);</p> <p>[4] J. F. Allen, A. D. Misener, Nature 141, 75, (1938);</p> <p>[5] C. Pethcik, H. Smith, Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases, New York: Cambridge University Press (2008);</p> <p>[6] C. Kittel, Quantum Theory of Solids, John Wiley&sons, (2005);</p> <p>[7] J. Solyom, Fundamentals of the Physics of Solids, I, II, III, Springer (2007 – 2010);</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Seminarski rad	30
			Završni (usmeni) ispit	70
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	TERMIČKE I STRUKTURNE ANALIZE MATERIJALA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCM7031	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznati se sa eksperimentalnim tehnikama za istraživanje termičke stabilnosti i strukture materijala.</p> <p>Ishodi učenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - razumije teorijske osnove termičkih analiza, - razumije teorijske osnove strukturnih analiza, - primjenjuje teorijska znanja u eksperimentalnom radu. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Termičke analize općenito, Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija, peći za žarenje u inertnoj i sobnoj atmosferi; Strukturne analize općenito, Rendgenska difrakcija;</p> <p>U slučaju potrebe, kao komplementarna tehnika, studentima će biti i dostupan uređaj za mjerenje mikrotvrdoće materijala.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>[1] Michael E. Brown, Introduction to Thermal Analysis (Techniques and Applications), Kluwe Academic Publisher, 2004, eBook ISBN 0-306-48404-8</p> <p>[2] <u>Mark Ladd</u>, <u>Rex Palmer</u>, Structure Determination by X-ray Crystallography, Springer, 2014, eBook ISBN 978-1-4614-3954-7</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Seminarski rad	100
			Ukupno	100
Napomene				
<p>Student u skladu sa interesom i dostupnim materijalima za analizu, predlaže temu istraživanja, koju predmetni nastavnik potvrđuje. Istraživanje podrazumjeva obavezno eksperimentalni rad u području termičkih ili strukturnih analiza. Rezultati istraživanja se pišu u formi naučnog rada i izlažu usmeno.</p>				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	TEORIJA PERKOLACIJE			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCM7041	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je sticanje znanja i kompetencija iz teorije perkolacije; upoznavanje s osnovnim modelima perkolacije; određivanje perkolacionog praga; upoznavanje s modelom slučajne sekvencionalne adsorpcije i njegovom povezanosti s perkolacijom.</p> <p>Ishodi učenja:</p> <ul style="list-style-type: none"> * kvalitativno i kvantitativno objasniti teoriju perkolacije te objasniti različite modele perkolacije; * odrediti perkolacioni prag u klasičnom perkolacionom modelu; * objasniti i primijeniti model slučajne sekvencionalne adsorpcije. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Uvod u teoriju perkolacije. Vrste perkolacionih modela - klasični, eksplozivni, invazijski, bootstrap i korelirane perkolacije. Egzaktno rješenje za 1D Bethe rešetku. Struktura klastera. Finite-size skaliranje. Primjena perkolacije. Model slučajne sekvencionalne adsorpcije (RSA) i njegova povezanost s perkolacijom.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. D. Stauffer, A. Aharony, Introduction to Percolation Theory, Taylor& Francis, London, 1992. 2. N.E. Cusak, The Physics of Structurally Disordered Matter, Adam Higler, Bristol, 1988. 3. A. Bunde, S.Havlin , Eds., Fractala and Disordered Systems, Springer, Berlin, 1996. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Seminarski rad	100
			Ukupno	100
Napomene				
U seminarskom radu će biti primijenjena teorijska znanja iz teorije perkolacije na konkretnim rezultatima Monte-Carlo simulacija.				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	AKVIZICIJA PODATAKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCM7051	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta jeste da se studenti upoznaju sa praktičnom akvizicijom podataka u realnom vremenom koristeći PC i platforme za mjerenje signala sa senzora kao i sa komunikacijom sa mjernim uređajima.</p> <p>Očekuje se da će studenti nakon uspješnog završetka kursa biti u stanju sami napraviti vlastiti programski kod za komunikaciju sa mjernim instrumentima koje se koriste u eksperimentima.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Vrste senzora i njihova primjena - senzori za mjerenje temperature, optički senzori, senzori sile i pritiska, senzori na bazi magnetnog polja, senzori položaja, i dr. Pretvaranje analognog signala u digitalni i obratno. Vrste i načini komunikacije sa mjernim uređajima. Različite platforme za interakciju sa sensorima. PC hardware za komunikaciju sa sensorima. Software za akviziciju podataka.</p> <p>Uvod u programiranje u Pythonu. Komunikacija sa sensorima i mjernim uređajima u Pythonu.</p> <p>Praktična implementacija komunikacije PC-a sa mjernim uređajima korištenjem serijske i paralelne veze – laboratorijski rad i primjena teorijskog znanja.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bilješke sa predavanja. 2. M. Di Paolo Emilio, Data Acquisition System: From Fundamentals to Applied Design (Springer New York, 2013). 3. Pyvisa: Control your instruments with Python (https://pyvisa.readthedocs.io/en/latest/). 4. NI-VISA: Programmer Reference Manual. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Test	40
			Praktični rad	60
			Ukupno	100
Napomene				
Praktični rad podrazumijeva da student primijeni stečeno teorijsko znanje na odgovarajući eksperiment i napiše izvještaj koji će prezentirati i odbraniti.				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	ELEKTROHEMIJA ZA NAUKU O MATERIJALIMA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
POT7061	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>U okviru ovog predmeta studenti stiču osnovna znanja iz elektrohemije, neophodna za razumijevanje problematike vezane za konverziju i skladištenje energije, koroziju zaštitu materijala i istraživanje i razvoj pametnih materijala. Nakon položenog ispita studenti su upoznati sa elektrohemijskim osnovama i metodama neophodnim za istraživanje, razvoj i proizvodnju fotonaponskih materijala (za solarne ćelije), materijala za litijum jonske i druge baterijske sisteme, aktivnih materijala za elektrohemijske superkondenzatore i katalitičkih i membranskih materijala za gorivne ćelije elektrolizere za vodu. Pored toga, studenti će biti upoznati sa elektrohemijskim aspektom neophodnim za vodikove tehnologije, elektrohemijskim senzorima razvojem pametnih materijala, a steći će i osnovne kompetencije za rad u istraživanju inženjeringu korozije materijala.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Termodinamika elektrodnih procesa; Kinetika procesa u elektrohemijskoj ćeliji; Prenos mase, difuzija migracija; Buttler-Volmerova jednačina; Elektrokataliza – uloga prirode materijala i kristalografske orijentacije Elektrohemijski aspekt korozije; Kinetika formiranja nove faze; Modeli dvojnog električnog sloja Superkondenzatori, kapacitivnost i pseudokapacitivnost; Materijali za superkondenzatore; Elektrohemijski sistemi za skladištenje energije; Materijali za elektrohemijske sisteme za skladištenje energije; Elektrohemijski sistemi za konverziju energije; Materijali za elektrohemijske sisteme za konverziju energije; Elektrohemijski senzori i pametni materijali; Voltometrijske tehnike; Elektrohemijska impedancijska spektroskopija Elektrohemijska kvarcna mikrovaga; Skenirajuća elektrohemijska mikroskopija; Elektrohemijska instrumentacija, potencijostati/galvanostati, pojačala</p>				
LITERATURA		VREDNOVANJE POSTIGNUĆA		
<ol style="list-style-type: none"> S. Mentus, Elektrohemija, Univerzitet u Beogradu – Fakultet za fizičku hemiju, Beograd A.J. Bard, L.R. Faulkner, Electrochemical methods. Fundamentals and Applications, 2nd ed. Wiley, 2001. 		Način vrednovanja	Bodovi	
		Seminarski rad	60	
		Usmeni ispit	40	
		Ukupno	100	
Napomene				

LISTA MOGUĆIH IZBORNIH PREDMETA

ATOMSKA MOLEKULARNA I OPTIČKA FIZIKA

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	NAPREDNA KVANTNA MEHANIKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7011	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznavanje studenata sa pojmovima i matematičkim aparatom kvantne mehanike. Za razliku od kvantne mehanike koja se izučava u nižim ciklusima u ovom kursu napredne kvantne mehanike koristi se deduktivni pristup koji je pogodniji za istraživače u teorijskoj fizici.</p> <p>Ovladavanje sa pojmovima i matematičkim aparatom kvantne mehanike.</p> <p>Očekuje se da studenti uspešno usvoje sadržaj predmeta i polože ispit.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Idejne osnove kvantne mehanike.</p> <p>Statistički postulati i geometrija kvantne mehanike. Dinamika kvantne mehanike.</p> <p>Relacija neodređenosti, mješavine i problem dvije čestice.</p> <p>Galilejeve transformacije. Teorija ugaonog momenta. Slaganje ugaonih momenata.</p> <p>Diskretne, dinamičke i unutrašnje simetrije.</p> <p>Jednostavni sistemi i identične čestice.</p> <p>Približni računi. Druga kvantizacija. Teorija rasijanja.</p> <p>Metod integrala po trajektorijama.</p> <p>Relativistička kvantna mehanika.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>Obavezna literatura:</p> <p>- F. Herbut, <i>Kvantna mehanika za istraživače</i>, Fizički fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1999.</p> <p>Šira literatura:</p> <p>- D. Milošević, <i>Relativistička kvantna mehanika</i>, Univerzitetski udžbenik, bosniaARS, Tuzla, 2005.</p> <p>- B. H. Bransden, C. J. Joachain, <i>Quantum mechanics</i>, Prentice Hall, Harlow, 2000.</p> <p>- A. Messiah, <i>Quantum mechanics</i>, North-Holland, Amsterdam, 1968.</p> <p>- C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, <i>Quantum mechanics</i>, Wiley, New York, 1977.</p> <p>- E. Merzbacher, <i>Quantum mechanics</i>, Wiley, New York, 1997.</p> <p>- L. I. Šif, <i>Kvantna mehanika</i>, Vuk Karadžić, Beograd, 1968.</p> <p>- I. Supek, <i>Teorijska fizika i struktura materije</i>, II dio, Školska knjiga, Zagreb, 1977.</p> <p>- L. D. Landau, E. M. Lišic, <i>Teoretičeskaja fizika. Tom III: Kvantovaja mehanika. Nereľjativistkaja teorija</i>, Nauka, Moskva, 1989.</p> <p>- W. Greiner, <i>Quantum mechanics. Special chapters</i>, Springer, Berlin, 1998.</p> <p>- W. Greiner, B. Müller, <i>Quantum mechanics. Symmetries</i>, Springer, Berlin, 1994.</p> <p>- F. Schwabl, <i>Advanced quantum mechanics</i>, Springer, Berlin, 1999.</p> <p>- A. S. Davidov, <i>Kvantovaja mehanika</i>, Nauka, Moskva, 1973.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski radovi	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	FIZIKA ATOMA I JONA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7021	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj predmeta je da student produbi znanje iz fizike atoma i jona, da se upozna sa kvantnomehaničkim opisom stanja atoma sličnih hidrogenu i višeelektronskih atoma i jona. Student će ovladati sa pojmovima, fenomenima i kvantnomehaničkim aparatom fizike atoma i jona, te razlikovati modele koji se koriste za kvantnomehanički opis neutralnih atoma i jona. Student će biti upoznat i sa opisom atoma u vanjskim poljima.			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Razvoj Bohrovog modela atoma. Radijativni prelazi. Hidrogenov atom. Fino cijepanje nivoa. Lambov pomak. Grotrianov dijagram. Fotojonizacija jednoelektronskog atoma.</p> <p>Atomi slični hidrogenu. Dvoelektronski atomi i joni. Paulijev princip i simetrija valne funkcije. Samousaglašeno polje za dvoelektronske i višeelektronske atome i jone. Lahki atomi. Model ljuski. Asimptotska valna funkcija. Fino cijepanje nivoa lahkih atoma. Atomi i joni sa valentnim <i>s</i>-elektronima. Atomi i joni sa valentnim <i>p</i>-elektronima. Struktura teških atoma. Atomi sa valentnim <i>d</i> i <i>f</i> elektronima. Thomas-Fermijev model atoma. Izmjenski efekti. Sheme sumiranja elektronskih momenata u atomima. Korelacija i kolektivni efekti.</p> <p>Pobuđeni atomi. Metastabilni i rezonanto pobuđeni atomi. Generacija i detekcija metastabilnih atoma. Generacija i detekcija visoko pobuđenih atoma.</p> <p> Pozitivni i negativni joni. Višestruki joni. Elektronska valna funkcija negativnih jona. Fotoodvajanje. Bremsstrahlung uzrokovan rasijanjem elektrona na atomu.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - Boris M. Smirnov, <i>Physics of Atoms and Ions</i>, Springer, New York, 2003. - I. Supek, <i>Teorijska fizika i struktura materije</i>, II dio, Školska knjiga, Zagreb, 1977. - L. D. Landau, E. M. Lifšic, <i>Teoretičeskaja fizika. Tom III: Kvantovaja mehanika. Nereljativistkaja teorija</i>, Nauka, Moskva, 1989. - W. Greiner, <i>Quantum mechanics. Special chapters</i>, Springer, Berlin, 1998. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	30
			Seminarski rad	30
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	KOMPJUTACIONA FIZIKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7031	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je sticanje kompetencija u numeričkim metodama i njihovoj primjeni u modeliranju različitih fizikalnih sistema. Naglasak je na projektnim zadacima koje bi studenti trebali izrađivati u najvećoj mjeri samostalno, uz moguće konsultacije s nastavnikom. Svaki projektni zadatak je individualiziran, a sastoji se iz modeliranja i rješavanja nekog od fizikalnih problema iz oblasti iz koje kandidat namjerava raditi doktorski rad. Studenti će biti upoznati s dostupnim modelim i tehnikama modeliranja i osposobljeni za rješavanje konkretnih fizikalnih problema.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Komparacija programskih jezika Fortran – C/C++ – Python. Specijalne funkcije. Rješavanje linearnih algebarskih jednadžbi. Problem svojstvenih vrijednosti. Laplaceova jednadžba, jednadžba provođenja toplote. Monte Carlo metode. Minimizacija i maksimizacija funkcija. Fourierovi transformati i spektralne metode. Nelinearni sistemi. Primjena gotovih programskih paketa - Matlab (Octave), Mathematica. Korištenje biblioteka GSL. Paralelizacija. Upoznavanje sa projektom Jupyter (Jupyter Notebook, JupyterHub, and JupyterLab).</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery, <i>Numerical Recipes</i>, Third Edition, Cambridge University Press 2007. - M. Hjorth-Jensen, <i>Computational Physics</i>, University of Oslo, 2007. - R.H. Landau, M.J. Pérez Mejiá, C. C. Bordeianu, <i>Computational Physics: Problem Solving with Python</i>, 3rd Edition, Wiley- VCH 2015 - D. Landau and K. Binder, <i>Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics</i>, Third Edition, Cambridge University Press 2009. - GSL Reference Manual, https://www.gnu.org/software/gsl/ 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	60
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	INTEGRALI PO TRAJEKTORIJAMA I SEMIKLASIČNA FIZIKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7041	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznavanje studenata sa pojmovima i matematičkim aparatom metoda integrala po trajektorijama i semiklasičnom fizikom.</p> <p>Ovladavanje sa pojmovima i matematičkim aparatom metoda integrala po trajektorijama i semiklasične fizike.</p> <p>Očekuje se da studenti uspješno usvoje sadržaj predmeta i odbrane seminarske radove.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Osnove integrala po trajektorijama i rješenja jednostavnih problema. Semiklasična vremenska evolucija. Semiklasična formula za tragove. Gutzwillerova formula za izolovane orbite. Izabrani problemi i primjene.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>Obavezna literatura:</p> <p>H. Kleinert, <i>Path Integrals in Quantum Mechanics, Statistics, Polymer Physics, and Financial Markets</i>, 5th ed., World Scientific, Singapore, 2009.</p> <p>M. Brack, R. K. Bhaduri, <i>Semiclassical Physics</i>, Frontiers in Physics, Vol. 96, Addison Wesley, Reading, 1997.</p> <p>Šira literatura:</p> <p>R. P. Feynman, A. R. Hibbs, <i>Quantum Mechanics and Path Integrals</i>, McGraw-Hill, New York, 1965.</p> <p>L. S. Schulman, <i>Techniques and Applications of Path Integration</i>, Wiley, New York, 1981.</p> <p>W. Dittrich, M. Reuter, <i>Classical and Quantum Dynamics – from Classical Paths to Path Integrals</i>, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin, 1994.</p> <p>D. J. Tannor, <i>Introduction to Quantum Mechanics. A Time-Dependent Perspective</i>, University Science Books, Sausalito, California, 2007.</p> <p>M. C. Gutzwiller, <i>Chaos in Classical and Quantum Mechanics</i>, Springer-Verlag, New York, 1990.</p> <p>C. Grosche, F. Steiner, <i>Handbook of Feynman Path Integrals</i>, Springer, 1998.</p> <p>M. S. Child, <i>Molecular Collision Theory</i>, Dover, Mineola, New York, 1996.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski radovi	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	NAPREDNA STATISTIČKA FIZIKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7051	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj predmeta je proširenje znanja koje su studenti stekli u toku kursa statističke fizike Ishodi učenja: Ovladavanje znanjima, metodama i matematičkim aparatom kvantne statistike. Upoznavanje sa različitim primjenama kvantne statistike.			
SADRŽAJ PREDMETA				
Ravnotežna kvantna statistika. Formalizam kvantne mehanike u Diracovoj notaciji. Osnovni pojmovi kvantne statistike. Osnovni rezultati ravnotežne kvantne statistike. Idealni gas kvantnih čestica. Neravnotežni statistički operator. Linearni odziv sistema i Greenova funkcija. Energija i entropija neravnotežnog ansambla. Druga kvantizacija i Wickova teorema. Fononi i Debyeova teorija specifične toplote. Feromagnetici na niskim i visokim temperaturama. Kinematički nivoi u sistemu optičkih pobuđenja. Mikroteorija dielektrične konstante. Superfluidnost. Superprovodnost.				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
1. B. S. Tošić, <i>Statistička fizika</i> , Institut za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta, Novi Sad, 1978. 2. Đ. Mušicki: <i>Uvod u teorijsku fiziku II - Statistička fizika</i> , Izdavačko informativni centar studenata (ICS), ŠIP Srbija, Beograd, 1975. 3. I. Supek, <i>Teorijska fizika i struktura materije</i> , II dio, Školska knjiga, Zagreb, 1977. 4. L. D. Landau, E. M. Lifšic, <i>Teoretičeskaja fizika. Tom V (1): Statističeskaja fizika</i> , Nauka, Moskva, 1976. 5. B. S. Milić, S. M. Milošević, Lj. S. Dobrosavljević, <i>Zbirka zadataka iz teorijske fizike: Statistička fizika</i> , Naučna knjiga, Beograd, 1979.			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski rad	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	MOLEKULE U LASERSKOM POLJU			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7061	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je upoznavanje studenata sa važnim pojmovima u fizici jakih polja. Poseban naglasak je stavljen na interakciju molekularnih sistema i jakog laserskog polja.</p> <p>Student upoznaje kvantnomehaničke modele kojima opisujemo interakcije molekula i jakog laserskog polja.</p> <p>Ovladava sa pojmovima i matematičkim aparatom molekularne aproksimacije jakog polja i molekularne niskofrekventne aproksimacije.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Kvantnomehanički opis molekula. Elektronska, vibraciona i rotaciona energetska stanja. Simetrije. Osnovni molekularni procesi u jakom laserskom polju.</p> <p>Geometrija procesa. Jonizacija iznad praga (višeg reda). (Poboljšana) molekularna aproksimacija jakog polja.</p> <p>Molekularna niskofrekventna aproksimacija.</p> <p>Analiza molekularnih spektara. Interferencioni efekti. Uticaj faze, dužine trajanja laserskog pulsa i elipticiteta na molekularne spektre.</p> <p>Perspektiva budućih istraživanja. Izabrani problemi i primjene.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - S. H. Lin, A. A. Villaeys, and Y. Fujimura, <i>Advances in Multi-Photon Processes and Spectroscopy, Volume 19</i>, World Scientific, Singapore, 2010. - P. W. Atkins and R. S. Friedman, <i>Molecular Quantum Mechanics</i>, Third Edition, Oxford University Press, Oxford, 1997. - I. N. Levine, <i>Quantum Chemistry</i>, Fifth Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001. - D. B. Milošević, Strong-field approximation for ionization of a diatomic molecule by a strong laser field, Phys. Rev. A 74, 063404 (2006). - A. Szabo and N. S. Ostlund, <i>Modern Quantum Chemistry-Introduction to Advanced Electronic Structure Theory</i>, First Edition, Revised, Dover Publications, NewYork, 1996 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	30
			Seminarski rad	30
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	KVANTNA TEORIJA SUDARA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7071	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je proširenje znanja iz nerelativističke kvantne teorije sudara. Ishodi učenja: Ovladavanje matematičkim aparatom nerelativističke kvantne teorije sudara. Upoznavanje sa primjenama nerelativističke kvantne teorije sudara. Sposobnost za rješavanje složenih problema u nerelativističkoj kvantnoj teoriji sudara.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Matematičke osnove. Operator rasijanja za jednu česticu. Presjeci rasijanja izraženi S-matricom. Rasijanje čestica sa i bez spina. Principi invarijantnosti i zakoni očuvanja. Greenov operator i T-matrica. Bornov razvoj. Stacionarna stanja u procesu rasijanja. Rezonance. Disperzione relacije i kompleksni ugaoni momenti. Višekanalno rasijanje: operator rasijanja, presjeci rasijanja, principi invarijantnosti i stacionarne valne funkcije. Višekanalne rezonance. Rasijanje identičnih čestica.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>1. J. R. Taylor, <i>Scattering theory: The quantum theory of nonrelativistic collisions</i>, John Wiley & Sons, New York, 1972.</p> <p>2. S. Sunakawa, <i>Kvantovaja teorija rassejanija</i>, Mir, Moskva, 1979.</p> <p>3. Dževad Belkić, <i>Principles of quantum scattering theory</i>, Institut of Physics Publishing, Bristol, 2004.</p> <p>4. C. J. Joachain, <i>Quantum collision theory</i>, North-Holland, Amsterdam, 1975.</p> <p>5. L. D. Landau, E. M. Lifšic, <i>Teoretičeskaja fizika. Tom III: Kvantovaja mehanika. Nereljativistkaja teorija</i>, Nauka, Moskva, 1989.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski rad	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
			Napomene	

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	TEORIJA MULTIFOTONSKIH PROCESA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7081	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je da studenti na jedan sistematičan način ovladaju metodama koje se koriste za analizu multifotonskih procesa u atomskoj fizici.</p> <p>Ishodi učenja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. studenti razumiju osnovne pojmove koji se koriste u teoriji multifotonskih procesa. 2. student primjenjuje formalizam kvantne mehanike pri opisivanju multifotonskih procesa. 3. studenti vladaju matematičkim aparatom i metodama koje se koriste u analiz multifotonskih procesa. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Elektroni i atomi u polju zračenja. Teorija perturbacija, Renormalizacija teorije perturbacije. Nerezonantna multifotonska jonizacija. Teorija efektivnog hamiltonijana sa stacionarnim i vremenski-zavisnim interakcijama. Metod matrice gustoće Floquetova teorija multifotonskih prelaza. Teorija nehermitskih hamiltonijana multifotonskih prelaza. Teorij radijativnog elektron-atom rasijanja.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ol style="list-style-type: none"> 1. F. H. M. Faisal, <i>Theory of multiphoton processes</i>, Plenum Press, New York, 1987 2. N. B. Delone, V. P. Krainov, <i>Multiphoton processes in atoms</i>, Springer-Verlag, Berlin, 2000. 3. I. I. Sobelman, <i>Atomic Spectra and Radiative Transitions</i>, Springer-Verlag, Berlin, 1979. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski rad	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	VIŠI KURS ELEKTRODINAMIKE			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH7091	I / II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj predmeta je da studenti ovladaju konceptima klasične elektrodinamike na višem matematičkom, teorijskom i odgovarajućem nivou implementacije algoritama iz oblasti. Uspješnim polaganjem predmeta student je osposobljen za primjenu stečenih znanja u budućem naučno-istraživačkom radu			
SADRŽAJ PREDMETA				
Nestacionarna polja. Maxwellove jednačine. Zakoni održanja. Ravni elektromagnetni talasi. Jednostavni sistem koji zrače. Difrakcija. Magnetohidrodinamika. Fizika plazme. Sudari između naelektrisanih čestica. Gubic energije. Rasijanje. Zračenje naboja koji se kreće. Kočeće zračenje. Metod virtuelnog kvanta. Radijativni betaprocesi. Multipolna polja. Prigušenje zračenja. Rasijanje i apsorpcija zračenja na vezanim nabojima.				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - J. D. Jackson, Classical electrodynamics, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1998. - K. K. Likharev, Classical Electrodynamics: A Modern Perspective, Wiley, Hoboken, New Jersey, 2012. - A. Taflove and S. C. Hagness, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method, 3rd Edition, Artech House, 2005. - J. M. Stewart, Python for Scientists, Cambridge University Press, 2014. - U. S. Inan and R. A. Marshall, Numerical Electromagnetics: The FDTD Method, 1st Edition, Cambridge University Press, 2011. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Pisani rad	50
			Projekat	50
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	MAŠINSKO UČENJE I NEURONSKE MREŽE U FIZICI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PCS8011	I / II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj kursa je razvijanje praktičnih vještina u mašinskom učenju, vještačkim neuronskim mrežama i neuronskim mrežama zasnovanih na fizici. Studenti će naučiti kako primijeniti ove vještine i tehnike na realne probleme u različitim granama fizike.			
SADRŽAJ PREDMETA				
<ul style="list-style-type: none"> • Uvod u mašinsko učenje (ML) i vještačke neuronske mreže (ANN); Pojam superviziranog i nesuperviziranog učenja; Problem regresije, klasifikacije i klasterovanja • Alati za programiranje; Pregled TensorFlow-a, PyTorch-a i Scikit-Learn-a • Predobrada podataka • Regresija: linearna, polinomijalna, support vector (SVR), decision tree, random forest • Klasifikacija: logistička, k-nearest neighbors (KNN), support vector machines (SVM), decision tree, random forest • Klasterovanje: k-means • Vještačke neuronske mreže • Redukcija dimenzionalnosti: analiza glavnih komponenti (PCA), linearna diskriminativna analiza (LDA) metoda aktivnih potprostora (ASM) • Primjene ML i ANN u fizici • Neuronske mreže zasnovane na fizici (PINN) 				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
- S. Raschka, Y. Liu, V. Mirjalili, and D. Dzhulgakov, Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop Machine Learning and Deep Learning Models with Python, Packt Publishing, 2022. - N. Thuerey, P. Holl, P. Schnell, F. Trost, K. Um, and M. Mueller, Physics-based Deep Learning, (https://physicsbaseddeeplearning.org), 2021. - R. Maziar, P. Perdikaris and G. E. Karniadakis, George E, Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, Journal of Computational Physics, 378 , 686-707, 2019.			Način vrednovanja	Bodovi
			Projekti	100
			Ukupno	100
Napomene				
Student će kompletirati tri projekta, pri čemu će se dva fokusirati na primjenu ML i ANN metoda, dok će se treći odnositi na primjenu PINN-a. Svaki od prvih dva projekta iznositi će maksimalno 30 bodova, dok će treći projekat iznositi maksimalno 40 bodova.				

LISTA MOGUĆIH IZBORNIH PREDMETA
FIZIKA VISOKIH ENERGIJA

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	NAPREDNI KURS KVANTNE TEORIJE POLJA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH8011	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<ul style="list-style-type: none"> - Ovladavanje matematičkim alatima potrebnim za istraživanje kvantne teorije polja. - Razumijevanje infracrvene i ultraviolettne divergencije. - Upoznavanje s metodama renormalizacije teorija s spontano narušenim simetrijama tipa Abel i Yang-Mills. - Usvajanje matematičkog aparata potrebnog za proučavanje procesa unutar standardnog modela fizike elementarnih čestica i njegove nadgradnje. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Radiativne korekcije u kvantnoj teoriji polja. Primjeri infracrvene i ultravioletne divergencije u kvantnoj elektrodinamici. Klasifikacija operatora i njihovog nivoa divergencije u kvantnoj teoriji polja. Uvođenje matematičkog aparata vezanog za proračun divergentnih integrala. Ward-Takahashi identiteti u kvantnoj elektrodinamici. Renormalizacija perturbativnih teorija. Renormalizacija teorija sa spontanim narušenjem lokalne Abelove simetrije. Proučavanje jednačina renormalizacione grupe. Proračun Coleman-Weinbergovog potencijala.</p> <p>Proračuni radiativnih korekcija višeg (drugog) reda. Primjer teorije Yang-Millsovog tipa: kvantna kromodinamika. Higgsov mehanizam. Masivna vektorska polja. Anomalije u kvantnim teorijama sa spontano narušenom simetrijom Yang-Millsovog tipa. Renormalizacija teorija sa spontano narušenim simetrijama ne-Abelovog tipa. Magnetni monopoli. Ujedinjenje interakcija i pridruženih konstanti međudjelovanja koje su prisutne u standardnom modelu fizike elementarnih čestica.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - Matthew D. Schwartz, <i>Quantum Field Theory and the Standard Model</i>, Cambridge University Press, 2014 - Michael E. Peskin, Dan V. Schroeder, <i>An Introduction To Quantum Field Theory</i> (Frontiers in Physics), Westview Press, Reprint edition (October 2, 1995). - A. Zee, <i>Quantum Field Theory in a Nutshell</i>, Princeton University Press, 2 edition (February 1, 2010). - Claude Itzykson, Jean-Bernard Zuber, <i>Quantum Field Theory</i> (Dover Books on Physics), Dover Publications (February 24, 2006). 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	30
			Seminarski rad	30
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	VIŠI KURS FIZIKE ELEMENTARNIH ČESTICA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH8021	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<ul style="list-style-type: none"> - Razumijevanje standardnog modela fizike čestica. - Razumijevanje fenomenologije na sudarivačima čestica. - Usvajanje osnovnih znanja potrebnih za istraživački rad u modernoj fizici čestica. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Konstrukcija standardnog modela fizike čestica. Simetrije i reprezentacije polja. Anomalije. Fizika mješanja okusa u standardnom modelu. Nabijene i neutralne struje. Posljedice fizike mješanja okusa u standardnom modelu: Glashow–Iliopoulos–Maiani mehanizam. Cabbibo-Kobayashi-Maskawa matrica mješanja. Fizika neutrina. Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata matrica mješanja. Mikheyev-Smirnov-Wolfenstein efekat oscilacija neutrina u materiji. Stabilnost materije. Duboko neelastično raspršenje. Partonske funkcije distribucije.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> - Y. Grossman & Y. Nir, <i>The Standard Model: A uniquely beautiful theory</i>, - Matthew D. Schwartz, <i>Quantum Field Theory and the Standard Model</i>, Cambridge University Press, 2014 - Michael E. Peskin, Dan V. Schroeder, <i>An Introduction To Quantum Field Theory</i> (Frontiers in Physics), Westview Press, Reprint edition (October 2, 1995). 			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	30
			Seminarski rad	30
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	SIMETRIJE U FIZICI ELEMENTARNIH ČESTICA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH8031	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj predmeta je produbljivanje znanja sa kursa Simetrije u fizici koji se sluša na II ciklusu studija, o ulozi simetrija u fizici, sa naglaskom na fiziku elementarnih čestica.</p> <p>Nakon odslušanog kursa studenti bi trebali biti u mogućnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - raditi proračune sa Lievim grupama i Lievim algebrama i konstruisati korijene i težine - analizirati svojstva fizičkih sistema pri prostornovremenskoj simetriji - analizirati baždarne teorije i transformacije za elektromagnetno polje 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Simetrije i čestice. Osnove Lievih grupa i Lieve algebre. SU(2) i Izospin. SU(2) u fizici elementarnih čestica. SU(3) i kvarkovski model. Korijeni i težine unutar SU(3) grupe. Prostor-vremenske simetrije. Baždarne teorije. Elektromagnetizam kao baždarna teorija. Teorije ujedinjenja bazirane na grupama SU(5) i SU(10).</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>1. Howard Georgi, <i>Lie Algebras In Particle Physics: from Isospin To Unified Theories</i> (Frontiers in Physics), Westview Press; 2 edition (October 22, 1999). Yourk, 1999.</p> <p>2. A. Zee, <i>Quantum Field Theory in a Nutshell</i>, Princeton University Press, 2 edition (February 1, 2010).</p> <p>3. I. Doršner, <i>Simetrije u fizici</i>, Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo, 2013.</p> <p>4. I.J.R. Aitchison, A.J.G. Hey, <i>Gauge Theories in Particle Physics Vol1</i>, CRC Press, 2013</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski rad	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	FIZIKA ČESTICA NA SREDNJIM ENERGIJAMA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PTH8041	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj kolegija je pripremiti studenta za aktivni ulazak u problematiku praćenja i kvantifikacije procesa elastičnog i neelastičnog raspršenja mezona i bariona na srednjim energijama.</p> <p>Nakon odslušanog kursa studenti bi trebali biti u mogućnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Analizirati procese za fiziku čestica na srednjim energijama. -Objasniti povezanost i komplementarnost elastičnih i neelastičnih -porcesa raspršenja. -Analizirati analitička svojstva invarijantnih amplituda u fizikalnom i nefizikalnom području. -Koristiti metode za ekstrakciju parametara rezonance. 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Mandelstamova hipoteza. Pion-nukleon sistem. S i T matrica. Analitičke osobine amplituda raspršenja i parcijalnih valova. Veza između mjerljivih veličina i amplituda raspršenja. Razvoj amplituda raspršenja po parcijalnim valovima. Disperzione relacije za parcijalne valove.</p> <p>Metode analize parcijalnih valova i amplituda raspršenja. Neelastična analiza parcijalnih valova „kontinuum-proizvoljnosti“. Invarijantne amplitude u nefizikalnoj oblasti i u blizini praga. Analitičko produljenje invarijantnih amplituda u nefizikalnu oblast. Polarizacijski fenomeni u mezonskoj fizici. Mezon nukleon interakcija. Kinematika dva i tri tijela. Fazni pomaci. Metode za ekstrakciju parametara rezonance.</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>1. Joh. R. Taylor, <i>Scattering Theory: The Quantum Theory of Nonrelativistic Collisions</i>, Dover Publications, New York, 2006.</p> <p>2. D. Martin, T.D. Spearman, <i>Elementary Particle Theory</i>, North-Holland, Amsterdam, 1970.</p> <p>3. G. Hoehler, <i>Elastic and Charge Exchange Scattering of Elementary Particles</i>; Subvolume b: <i>Pion-Nucleon Scattering</i>, Part 2. Methods and results of Phenomenological Analysis. Landolt-Boernstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, Ed. H. Schopper, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1983.</p> <p>4. B. H. Bransden, R. G. Moorhouse, <i>Pion-Nucleon Sistem</i>, Princeton University Press, Princeton 1973.</p> <p>5. T. Ericson and W. Weise: <i>Pions and Nucleons</i>, Oxford Science Publications, 1988.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Zadaće	20
			Seminarski rad	40
			Završni ispit	40
			Ukupno	100
Napomene				

LISTA MOGUĆIH IZBORNIH PREDMETA
PRIMIENJENA FIZIKA

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)	Treći ciklus		
	Naziv studijskog programa	Doktorski studij fizičkih nauka		
Naziv predmeta	NAPREDNE SLIKOVNE METODE U RADIOLOGIJI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7011	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj: Usvojiti teorijska i praktična znanja o slikovnim metodama u dijagnostičko radiologiji i nuklearnoj medicini</p> <p>Ishod: Ovladati i razumjeti moderne metode i slikovnih tehnika u medicini</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>1. DETEKTORI U RADIOLOGIJI: Detektori u radiografiji, fluoroskopiji, kompjuteriziranoj tomografiji, ultrasonografiji, magnetnoj rezonanci, scintilacijskim kamerama, jednofotonskoj emisijskoj tomografiji, pozitronskoj emisijskoj tomografiji i dr.</p> <p>2. SLIKOVNE METODE U RADIODIJAGNOSTICI: Klasične slikovne metode, Tomosinteza u mamografiji, radiografiji, višeenergetska kompjuterizirana tomografija, spektroskopija magnetnom rezonancom, Evaluacija kvaliteta slike, Fantomi</p> <p>3. SLIKOVNE METODE U NUKLEARNOJ MEDICINI: Jednofotonska emisijska tomografija, Pozitronska emisijska tomografija, Hibridni sistemi, Evaluacija kvaliteta slike, Fantomi</p> <p>4. KOMPJUTACIJSKE METODE: Metode rekonstrukcije slike, Umjetna inteligencija, Dizajn i proizvodnja fantoma</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<p>Suetens P. Fundamentals of medical imaging. Cambridge university press; 2017 May 11.</p> <p>Iniewski K. Advanced X-ray Detector Technologies. Springer International Publishing; 2022.</p> <p>Ranschaert ER, Morozov S, Algra PR, editors. Artificial intelligence in medical imaging: opportunities, applications and risks. Springer; 2019 Jan 29.</p>			Način vrednovanja	Bodovi
			Seminarski rad	45
			Završni ispit	55
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	NAPREDNA MEDICINSKA FIZIKA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7021	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Cilj: Usvojiti napredna znanja iz medicinske radijacijske fizike i zaštite od jonizirajućeg zračenja.</p> <p>Ishodi: razumjeti osnove dozimetrije jonizirajućeg zračenja i radijacijske biologije ovladati i razumjeti metode i tehnike koje se danas koriste u savremenoj radioterapiji dijagnostičkoj radiologiji i nuklearnoj medicini, te ih primijeniti u medicinskoj praksi.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>1. FIZIKA U RADIOTERAPIJI: Fizički, radiobiološki i klinički aspekti hadronske terapije, Tehnologija akceleratora opreme i dizajn prostorija u hadronskoj terapiji, Isporuka zračenja u hadronskoj terapiji, Radioterapijsko planiranje, Osiguranje kvaliteta u hadronskoj terapiji, Umjetna inteligencija u radioterapiji</p> <p>2. FIZIKA U NUKLEARNOJ MEDICINI: Proizvodnja radionuklida, Radiofarmaceutici u dijagnostičkoj i terapijsko nuklearnoj medicini, Interna dozimetrija u kliničkoj praksi, Kvantitativna nuklearna medicina, Napredni slikovni sistemi u nuklearnoj medicini, Umjetna inteligencija u nuklearnoj medicini</p> <p>3. FIZIKA U RADIODIJAGNOSTICI: Napredni slikovni sistemi u dijagnostičkoj i interventnoj radiologiji, Kvalite slike u radiodijagnostici, Fantomi za evaluaciju kvaliteta slike u dijagnostičkoj i interventnoj radiologiji, Umjetna inteligencija u radiodijagnostici</p>				
LITERATURA		VREDNOVANJE POSTIGNUĆA		
<p>DOSANJH, Manjit; BERNIER, Jacques (ed.). Advances in Particle Therapy: A Multidisciplinary Approach. CRC Press, 2018.</p> <p>Saha GB. Physics and radiobiology of nuclear medicine. Springer Science & Business Media; 2012 Sep 28.</p> <p>DENDY, Philip Palin; HEATON, Brian. Physics for diagnostic radiology. CRC press, 2011.</p>		Način vrednovanja	Bodovi	
		Seminarski rad	45	
		Završni ispit	55	
		Ukupno	100	
		Napomene		

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	SENZORI NA BAZI SVJETLOSNIH VLAKANA			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7031	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Osposobiti kandidate da primjenjuju svjetlosna vlakna u mjerenju širokog spektra fizikalnih pojava.</p> <p>Ishodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Upoznavanje sa osnovnim teorijama prolaska svjetlosti kroz vlakno; • Osposobljavanje kandidata da izvrši adekvatan odabir svjetlosnog vlakna za odgovarajući eksperiment u fizici; • Osposobljavanje kandidata da realizira eksperimente na bazi svjetlosnih vlakana 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Osnove tehnologije svjetlosnih vlakna; Brillionovo, Rejljevo i Ramanovo raspršenje; Jednomodni i višemodni režimi prolaska svjetlosti kroz vlakno; Vlakna sa više omotača; Fotonik vlakna; Vlakna sa održavanjem polarizacije; Modulacione tehnike; Interferometri na bazi optičkih vlakna; Žiroskop; Predajnika svjetlosti; detektori svjetlosnog signala na različitim talasnim dužinama; Vlakna sa Braggovim rešetkom - FBG; Kolimator svjetlosti; Prostorno raspoređeni senzori; Udaljeni senzori; Svjetlosna vlakna u medicini;</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> • Yin, Shizhuo, Paul B. Ruffin, and T. S. Francis, eds. <i>Fiber optic sensors</i>. CRC press, 2017. • Fang, Zujie, et al. <i>Fundamentals of optical fiber sensors</i>. Vol. 226. John Wiley & Sons, 2012. • Maria de Fátima, F. Domingues, and Ayman Radwan. <i>Optical Fiber Sensors for LoT and Smart Devices</i>. Springer, 2017. • Milatović, Dragoljub, and Vasvija Ajdinović. <i>Optoelektronika</i>. Svjetlost, 1987. 			Način vrednovanja	Bodovi
			Provjere znanja	20
			Seminarski rad / projekt	20
			Domaće zadaće	10
			Završni ispit	30
			Praktičan rad	20
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	MIKROKONTROLERI U FIZICI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7041	I/II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Osposobiti kandidata da primjenjuju mikroprocesore/mikrokontrolore u istraživanjima i u edukaciji.</p> <p>Ishodi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Upoznavanje sa arhitekturom i elementima mikroprocesora/ mikrokontrolora; - Osposobljavanje kandidata da izvrši adekvatan odabir mikrokontrolora za odgovarajući eksperiment u fizici; - osposobljavanje kandidata da realizira eksperimente 			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Klasifikacija mikrokontrolora; Procesorske jezgre; Memorije; Digitalni i analogni ulazi/izlazi; Prekidi; Tajmeri Komunikacioni interfejsi: UART, SPI, IIC, Ethernet; Softver: assembler, razvoj softvera, debaging; Proračun brzine izvršenja koda; Senzori: komunikacija sa sensorima, analiza podataka, Internet stvari - IoT; Prikaz rezultata mjerenja: prikaz u realnom vremenu, tabličnim programima, web, java; Sistem na čipu - SOC;</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
<ul style="list-style-type: none"> • Godse, Atul P., and Deepali A. Godse. <i>Microprocessor and Interfacing</i>. Technical Publications, 2020. • Parab, Jivan, et al. <i>Practical aspects of embedded system design using microcontrollers</i>. Springer Science & Business Media, 2008. • Gridling, Gunther, and Bettina Weiss. "CT-403: Introduction to Microcontrollers First Semester Text Book." 			Način vrednovanja	Bodovi
			Provjere znanja	20
			Seminarski rad / projekt	20
			Završni ispit	30
			Domaće zadaće	10
			Praktičan rad	20
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	FIZIKA AKCELERATORA I			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7051	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	<p>Predmet ima za cilj upoznavanje studenata sa principima i primenama fizike akceleratora. Predmet pokriva osnovne koncepte ubrzanja čestica i dinamike snopa, te dizajn i rad različitih tipova akceleratora, uključujući linearne i kružne akceleratora. Student osposobljen za osnovni rad na akceleratoru.</p>			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Predavanje 1: Uvod u fiziku akceleratora</p> <p>Predavanje 2: Elektromagnetizam i relativnost</p> <p>Predavanje 3: Transferzalno kretanje čestica</p> <p>Predavanje 4: Uzdužno kretanje čestica</p> <p>Predavanje 5: Linearni akceleratori</p> <p>Predavanje 6: Kružni akceleratori</p> <p>Predavanje 7: Prstenovi za skladištenje</p> <p>Predavanje 8: Kolajderi</p> <p>Predavanje 9: Snopovi visokog intenziteta</p> <p>Predavanje 10: Komponente akceleratora</p> <p>Predavanje 11: Dijagnostika akceleratora</p> <p>Predavanje 12: Zaštita od zračenja</p> <p>Predavanje 13: Primjena akceleratora</p> <p>Predavanje 14: Budući razvoj akceleratorске tehnologije</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
1. Pierre M. Septier, Albert L. Linear Accelerators 2. Wille, Klaus - The physics of particle accelerators an introduction 3. Michiko G. Minty, Frank Zimmermann (auth.) - Measurement and Control of Charged Particle Beams			Način vrednovanja	Bodovi
			Vježbe/Projekat	20
			Seminarski rad	30
			Prezentacija	50
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	NAPREDNE EKSPERIMENTALNE TEHNIKE U NUKLEARNOJ FIZICI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7061	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj predmeta je prenijeti važnost i metode mjerenja te usvojiti znanje o tehnikama mjerenja. Naučiti svojstva različitih tipova detektora te njihovu upotrebu, u mjerenju zračenja nabijenih i ne-nabijenih čestica. Student osposobljen za modeliranje i analizu podataka modernim metodama i alatima (računari, softver i programiranje).			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>1. Uvod 2. Interakcije čestica sa materijom 3. Izvori zračenja 4. Linearni akceleratori 5. & 6. Gasni detektori I i II 7. & 8. Poluprovodnički detektori I i II 9. & 10. Scintilacioni detektori I i II 11. Neutronske detektori 12. & 13. & 14. Elektronika za detektore čestica I i II i III</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
1. Measurement and Detection of Radiation Nicholas Tsoulfanidis, Sheldon Landsberger 2. Alpha, Beta, Gamma-ray Spectroscopy; K. Siegband, 3. Experimental Techniques in Nuclear and Particle Physics by Stefaan Tavernier 4. Radiation Detection and Measurement by Glen Knoll 5. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments by W.R. Leo			Način vrednovanja	Bodovi
			Vježbe/Projekat	20
			Seminarski rad	30
			Prezentacija	50
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	MONTE CARLO SIMULACIJE U RADIJACIJSKOJ FIZICI			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7071	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Cilj predmeta je edukacija studenata o mogućnostima Monte Carlo simulacija u fizici čestica te razumjevanje važnost relevantne fizike koja određuje primjenjivost simulacija. Naučiti kako i unutar kojih granicama se simulacije mogu koristiti u problemima iz stvarnog svijeta od proračuna zaštite do proizvodnje radioaktivnog materijala. I na kraju steći relevantno iskustvo sa kodom FLUKA za opštu upotrebu.			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Predavanje 1: Monte-Carlo metoda</p> <p>Predavanje 2: Uvod u FLUKA program</p> <p>Predavanje 3: Ulaz, izlaz i crtanje</p> <p>Predavanje 4: Fizički modeli</p> <p>Predavanje 5: Uzorkovanje, pristrasnost i transport</p> <p>Predavanje 6: Mogućnosti bodovanja i pokretanja</p> <p>Predavanje 7: Kombinatorna geometrija</p> <p>Predavanje 8: Elektromagnetne interakcije</p> <p>Predavanje 9: Nuklearne interakcije i interakcije teških jona</p> <p>Predavanje 10: Neutroni</p> <p>Predavanje 11: FLUKA korisničke rutine</p> <p>Predavanje 12: Primene – Primene u dozimetriji</p> <p>Predavanje 13: Vokseli i medicinske primjene</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
1. https://fluka.cern/ 2. https://www.fluka.org/fluka.php 3. Simulation And The Monte Carlo Method, Reuven Y. Rubinstein and Dirk P. Kroese, 2017 Wiley			Način vrednovanja	Bodovi
			Vježbe/Projekat	20
			Seminarski rad	30
			Prezentacija	50
			Ukupno	100
Napomene				

Studijski program	Vrsta studija (ciklus)		Treći ciklus	
	Naziv studijskog programa		Doktorski studij fizičkih nauka	
Naziv predmeta	PRIMJENA RADIJACIJSKE I NUKLEARNE FIZIKE			
Šifra predmeta	Semestar	Status predmeta	ECTS bodovi	Nastavni sati
PAP7081	I /II	IZBORNI	10	30
Cilj i ishodi učenja	Ovaj kurs je osmišljen da pruži uvid i obuku u primjeni radijacijske i nuklearne fizike u različitim oblastima, uključujući medicinsku fiziku, industriju i istraživanje. Kurs pokriva principe radijacijske fizike, detekcije i mjerenja zračenja, te razne primjene zračenja u mnogim oblastima, koje se mogu podesiti za svakog kandidata na odgovarajući način.			
SADRŽAJ PREDMETA				
<p>Predavanje 1: Radijacijska i nuklearna fizika</p> <p>Predavanje 2: Radioaktivni raspad i interakcije zračenja</p> <p>Predavanje 3: Detekcija i mjerenje zračenja</p> <p>Predavanje 4: Zaštita i sigurnost od zračenja</p> <p>Predavanje 5: Primjena zračenja u industiji</p> <p>Predavanje 6: Nuklearna i radijacijska medicina</p> <p>Predavanje 7: Aktivaciona analiza</p> <p>Predavanje 8: Zračenje hrane i prehranbenih namjernica</p> <p>Predavanje 9: Modifikacije materijala</p> <p>Predavanje 10: Sigurnost i zaštita</p> <p>Predavanje 11: Proizvodnja nuklearne energije</p> <p>Predavanje 12: Zračenje u svemiru i satelitima</p> <p>Predavanje 13: Razne teme</p>				
LITERATURA			VREDNOVANJE POSTIGNUĆA	
1. Razni objavljeni radovi i recenzije, svake godine update.			Način vrednovanja	Bodovi
			Vježbe/Projekat	20
			Seminarski rad	30
			Prezentacija	50
			Ukupno	100
Napomene				