

Odobrene teme za ak. godinu 2022/2023

Voditelj: Doc. dr. sc. Damir Aumiler	Institucija: ifs
Optički inducirane rešetke u parama rubidija	
<p>Presijecanjem dvije pumpne laserske zrake pod malim kutom nastaje karakterističan interferencijski uzorak koji čine svijetle i tamne pruge. Kada se laserske zrake sijeku unutar nekog medija, npr. atomske pare, njihova interferencija prostorno mijenja indeks loma atomske pare tvoreći optički induciranu rešetku. Probnna laserska zraka koja se prostire kroz optički induciranu rešetku pokazivat će diskretne difrakcijske uzorke. Dodavanjem dodatnih pumpnih laserskih zraka moguće je postići potpuno kontrolabilan atomski sustav za pripremu i proučavanje optičkih rešetki s periodičkim profilima pojačanja i gubitaka sa značajnim potencijalom u kontekstu istraživanja PT-simetričnih valovodnih struktura i nehermitskih atomskih sustava. U sklopu diplomskog rada eksperimentalno i teorijski će se istraživati optički inducirane rešetke u parama rubidija koje se postižu interferencijom dvije pumpne laserske zrake. Propuštanjem probne laserske zrake kroz optičku rešetku istražiti će se diskretna difrakcija svjetlosti te razmotriti utjecaj eksperimentalnih parametara laserskih zraka i atomske pare, kao što su frekvencija i intenzitet pumpnog i probnog lasera, orijentacija laserskih zraka te gustoća atoma, na opažene difrakcijske uzorke. Teorijski će se simulirati propagacija probne laserske zrake kroz optički induciranu rešetku pomoću split-step Fourierove metode, dok će sama optički inducirana rešetka biti simulirana koristeći optičke Blochove jednadžbe koje opisuju međudjelovanje atoma rubidija s pumpnim i probnim laserom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ticijana Ban	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Dinamika hladnih atoma u potencijalu optičke rešetke	
<p>Optička rešetka je prostorno periodička optička struktura koja nastaje interferencijom suprotno-propagirajućih laserskih zraka. Periodički potencijal optičke rešetke može se koristiti za zarobljavanje hladnih neutralnih atoma putem Starkovog efekta. Atomi se zarobljavaju na ekstremima potencijala optičke rešetke i to na maksimumima potencijala za plavo pomaknute optičke rešetke i na minimumima potencijala za crveno pomaknute optičke rešetke, gdje se pomak definira kao pomak frekvencije lasera optičke rešetke od frekvencije elektronskog prijelaza u atomu. Konačni raspored atoma zarobljenih u optičkoj rešetki nalikuje kristalnoj rešetki i može se koristiti za kvantnu simulaciju. Osim toga, neutralni atomi zarobljeni u optičkim rešetkama osnova su optičkih atomskih satova i atomskih interferometara. Dinamika atoma zarobljenih u optičkoj rešetki puno je kompleksnija u odnosu na dinamiku atoma u slobodnom prostoru. U specifičnom slučaju kada se optička rešetka ostvaruje unutar visoko-reflektirajućeg rezonatora, zbog međudjelovanja atoma i svjetlosti unutar rezonatora dolazi do pomaka frekvencije rezonatorskih modova što uzrokuje smanjenje intenziteta svjetlosti unutar rezonatora i posljedično slabije međudjelovanje atoma i svjetlosti. Upravo zbog prethodno opisane povratne sprege između atoma i optičkog rezonatora, za sve daljnje primjene optičkih rešetki potrebno je razumjeti dinamiku atoma zarobljenih u potencijalu optičke rešetke. Cilj ovog diplomskog rada je karakterizacija sustava hladnih atoma rubidija zarobljenih u potencijalu optičke rešetke. Atomi rubidija hladiti će se laserima na temperature oko 100 microK te zarobljavati u potencijal optičke rešetke. Mjerit će se vrijeme života atoma u optičkoj rešetki te prostorna i brzinska distribucija atoma u različitim eksperimentalnim konfiguracijama. Tijekom izrade diplomskog rada usvojiti će se osnovna znanja o međudjelovanju lasera i atoma, kao i niz praktičnih znanja povezanih uz atomsku spektroskopiju, lasersko hlađenje i zarobljavanje, frekventnu stabilizaciju lasera te uz kontrolu i upravljane eksperimentom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ticijana Ban	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Modul za prijenos frekvencije optičkog atomskog sata	
<p>Optički atomski sat je najtočniji, najprecizniji i najstabilniji sat današnjice. Optički atomski sat temeljen na hladnim atomima stroncija zarobljenim u optičkim rešetkama neće dobiti niti izgubiti sekundu u više od 200 milijuna godina rada. On je otprilike tri puta točniji od primarnog standarda vremena i frekvencije – cezijeve atomske fontane, kojima je definirana SI jedinica sekunda. Napretkom tehnologije u području stabilizacije lasera, mjerenja optičkih frekvencija i kontroliranju kvantnih sustava laserima doći će do daljnjeg napretka optičkih satova, što će imati značajan utjecaj na različita područja znanosti i tehnologije. Stabilnije i točnije vremenske skale izravno će utjecati na globalne satelitske navigacijske sustave, s potencijalno izravnim utjecajem na navigaciju u dubokom svemiru. Bolji satovi potaknut će nove načine ispitivanja temeljnih teorija, poput posebne i opće teorije relativnosti i kvantne elektrodinamike, kao i postojanost temeljnih konstanti. Da bi se ostvarile sve potencijalne primjene optičkih satova, potrebno je omogućiti kvalitetan prijenos signala optičkog sata na velike udaljenosti. S obzirom da se radi o optičkim signalima, njihov se prijenos vrši upotrebom tamnih optičkih vlakana. Međutim, frekvencija optičkog sata stroncija odgovara valnoj duljini od 698 nm, dok optička vlakna koja se koriste za prijenos optičkih signala rade u infracrvenom C-telecom području od oko 1550 nm. Stoga je potrebno napraviti sučelje koje će omogućiti transfer svjetlosti s 698 nm na 1550 nm, izbjegavajući pri tome degradaciju signala optičkog sata. Cilj ovog diplomskog rada je izraditi modul za distribuciju frekvencije optičkog atomskog sata. U tu svrhu koristit će se stabilizirani diodni laser valne duljine 698 nm koja odgovara valnoj duljini atomskog sata stroncija, optički frekventni češalj kao sučelje za prijenos valne duljine na 1550 nm te laser na 1550 nm koji će se vezati u tamno optičko vlakno. Karakterizirat će se svjetlost na izlazu iz optičkog vlakna iz čega će se izvući zaključci o kvaliteti modula za transfer frekvencije optičkog atomskog sata. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će niz praktičnih znanja povezanih uz lasere kontinuirane i pulsne emisije, frekventne standarde, frekventnu stabilizaciju kontinuiranih lasera i optičkog frekventnog češlja te uz kontrolu i upravljanje eksperimentom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Osor Slaven Barišić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Paralelizacija računanja Feynmanovih dijagrama na GPU platformi	
<p>Računanje jakih korelacija u mnogočestičnim sustavima veliki je izazov, zbog kojega je razvijen cijeli niz dijagramatskih tehnika. Naime, osim u nekim limitima, kada je moguće dobiti analitičke izraze, za istraživanje jakokoreliranih sustava potrebno se osloniti na numeričke pristupe, odnosno na kompjuterske kapacitete koji zbog složenosti problema i danas često predstavljaju usko grlo. Jedan od novih mogućih pristupa ovom problemu je razvijanje posebnih algoritama koji će moći iskoristiti prednosti modernog hardvera u paralelizaciji računalnog koda, odnosno iskoristiti prednosti pojedinih hardverskih arhitektura. Zadnjih godina poseban napredak u tom smislu je ostvaren na području grafičkih procesora (GPU), koji uz računalni kod prilagođen njihovoj specifičnoj arhitekturi mogu dramatično ubrzati izvođenje računa. Cilj ovog diplomskog rada bio bi optimizacija dijagramatske Monte Carlo metode za izvođenje na GPU platformi za nekoliko ilustrativnih fizikalnih problema. Poželjno je znanje programiranja u računalnom jeziku C, odnosno C++. [1] J. Greitemann, L. Pollet, Lecture notes on Diagrammatic Monte Carlo for the Fröhlich polaron, arXiv:1711.03044. [2] J. Krsnik, V. N. Strocov, N. Nagaosa, O. S. Barišić, Z. Rukelj, S. M. Yakubanya, A. S. Mishchenko, Manifestations of the electron-phonon interaction range in angle-resolved photoemission spectra, Phys. Rev. B 102, 121108(R) (2020).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Osor Slaven Barišić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Polaronska nečistoća u dvodimenzionalnim sustavima	
<p>Dobro je poznato da učinci elektron-fononskog međudjelovanja u slabo dopiranim poluvodičima vode do formacije polarona - kvazičestice koja opisuje gibanja elektrona duž kristala zajedno s oblakom virtualnih fonona. U prisustvu nečistoća, ovakva delokalizirana polaronska stanja se mogu lokalizirati što značajno utječe na transportna svojstva sustava. S druge strane, postoje situacije i gdje je vezanje elektrona za nečistoću izravno diktirano elektron-fononskim vezanjem (polaronska nečistoća). Takve situacije su zanimljive prilikom tuneliranja elektrona kroz molekularne čvorove i kvantne točke u efektivno jednodimenzionalnim sustavima. Međutim, raspršenje elektrona na polaronskoj nečistoća važno je i u višedimenzionalnim sustavima ($D > 1$). Zapravo, postoji niz indikacija da u trodimenzionalnim sustavima organskih poluvodiča i oksida prijelaznih materijala one mogu značajno utjecati na elektronski i fononski transport [1, 2]. Cilj ovog rada bio bi analizirati utjecaj polaronske nečistoće na lokalna i transportna svojstva u dvodimenzionalnom slučaju, i time prekriti prijelaz između proučavanih jednodimenzionalnih i trodimenzionalnih slučajeva. Pri tome, student će koristiti već izvedeni mnogočestični formalizam i numerički kod za izračun lokalnih i transportnih svojstava kojeg treba prilagoditi sustavu od interesa - intrinzičnom dvodimenzionalnom materijalu ili trodimenzionalnom materijalu s polaronskom nečistoćom na površini. [1] X. Mettan, J. Jaćimović, O. S. Barišić, A. Pisoni, I. Batistić, E. Horváth, S. Brown, L. Rossi, P. Szirmai, B. Farkas et al., Commun. Phys. 2, 123 (2019). [2] J. Krsnik, I. Batistić, A. Marunović, E. Tutiš, and O. S. Barišić, Phys. Rev. B 102, 241111(R) (2020).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Tanki filmovi odabranih materijala	
<p>Pulsna laserska depozicija (engl. PLD) jedna je od modernih tehnika za dobivanje tankih (epitaksijalnih) filmova raznih jednostavnih ili kompliciranih materijala/spojeva, a u današnje vrijeme često je povezana i s primijenjenim istraživanjima u elektroničkoj industriji. Cilj ovog rada je ustanovljavanje protokola za dobivanje tankih filmova jednostavnih (npr. bakar) ili kompliciranijih spojeva/materijala pomoću laserske pulsne depozicije, tj. proučavanje utjecaja duljine depozicije, temperature podloge, parametara lasera, i atmosfere u kojoj se depozicija vrši, na kvalitetu tankog filma. Dobiveni tanki filmovi će dodatno biti karakterizirani strukturalnim metodama (npr. difrakcija X-zraka) te će na njima biti mjerena magnetotransportna svojstva.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Transverzalne spinske asimetrije u visokoenergetskim proton-jezgra sudarima	
<p>Transverzalne spinske asimetrije su razlike u broju produciranih čestica s lijeva te s desna u odnosu na os sudara nepolariziranog projektila (tipično elektron ili proton) te transverzalno polarizirane mete (proton). Velike transverzalne spinske asimetrije su mjerene u $e+p$, $p+p$, no nedavno i u proton-jezgra ($p+A$) sudarima te su jedna od nerješivih zagonetki u kvantnoj kromodinamici. U ovom diplomskom radu izučile bi se spinske asimetrije u $p+A$ sudarima pomoću modela koji se temelji na twist-3 fragmentacijskim funkcijama za producirane hadrone te uključuje kolektivni efekt zasićenja gluona u jezgri unutar teorije staklastog kondenzata boje (eng. Color Glass Condensate, CGC). Student se prvo detaljno upoznaje s opisom strukture protona van okvira konvencionalnog modela kolinearnih partona, te potom usredotočuje na numeričko računanje asimetrija koristeći rezultate dostupne u literaturi. Naglasak je na računskom dijelu gdje bi student unutar modernog programskog jezika Julia izradio kod za računanje asimetrija. Ovisno o afinitetu i sposobnosti studenta, dobiveni numerički rezultati se mogu usporediti na kvantitativnoj razini s dostupnim podacima iz $p+p$, $p+Al$ te $p+Au$ sudara na Relativistic Heavy Ion Collider-u (RHIC) što može otvoriti put prema pisanju popratnog znanstvenog rada.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ivančica Bogdanović Radović	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Ispitivanje granica detekcije i utjecaja matričnih efekata na desorpciju molekula u metodi MeV SIMS	
<p>Sekundarna ionska masena spektrometrija (SIMS) korištenjem iona MeV-skih energija nova je analitička metoda koja se zadnjih nekoliko godina koristi za identifikaciju i mikroskopsko mapiranje različitih vrsta organskih uzoraka [1,2] korištenjem akceleratora na Institutu Ruder Bošković. Za razliku od dosadašnjih analitičkih tehnika u kojima se koriste ioni MeV-skih energija (PIXE, EBS, ERDA, itd.) kojima se mogu odrediti koncentracije elemenata i/ili izotopa, MeV SIMS je prva metoda koja koristi za pobudu brze ione a daje nam informaciju o molekularnom sastavu ispitivanog uzorka. Metodu karakterizira površinska osjetljivost jer se detektiraju molekule desorbirane sa same površine uzorka. Poznato je da prinos sekundarnih molekularnih iona ovisi o elektronskoj zaustavnoj moći i energiji korištenih iona [3]. Ono što do sad nije ispitano i što bi bila tema ovog rada je proučiti granice detekcije molekula u ovisnosti o energiji i vrsti teških iona za dvije vrste organskih materijala; leucin (esencijalna aminokiselina $m=131.18$ Da i ftalocijanin (sintetski plavi pigment $m=576.1$ Da). Također, desorbicija molekula ovisi o okolini tj. matrici u koju su molekule uronjene što se naziva matrični efekti. U ovom radu također bi se ispitala ovisnost emisije sekundarnih molekularnih iona o matričnim efektima za dvije vrste molekula, leucin i ftalocijanin. I.I. Bogdanović Radović, Z. Siketić, D. Jembrih-Simbürger, N. Marković, M. Anghelone, V. Stoytschew, M. Jakšić, Identification and imaging of modern paints using Secondary Ion Mass Spectrometry with MeV ions, Nucl. Instr. and Meth. B 406 (2017) 296 2. K.L. Moore, M. Barac, M. Brajković, M.J. Bailey, Z. Siketić, I. Bogdanović Radović, Determination of Deposition Order of Toners, Inkjet Inks, and Blue Ballpoint Pen Combining MeV-Secondary Ion Mass Spectrometry and Particle Induced X-ray Emission. // Analytical chemistry, 91 (2019), 20; 12997-13005 doi:10.1021/acs.analchem.9b03058 3. M. Brajković, M. Barac, I. Bogdanović Radović, Z. Siketić, Dependence of Megaelectron Volt Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry Secondary Molecular Ion Yield from Phthalocyanine Blue on Primary Ion Stopping Power. // Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 31 (2020), 7; 1518-1524 doi:10.1021/jasms.0c00080</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Određivanje izlaznih faktora i profila apsorbirane doze za Leksellov gama nož	
<p>U radiokirurgiji mozga Leksellovim gama nožem upotrebljavaju se uski, konusni fotonski snopovi (širine 4, 8 i 16 mm u izocentru) za jednokratno ozračivanje malih, duboko smještenih tumorskih procesa u mozgu bolesnika. Snopovi se dobivaju radioaktivnim raspadom 192 izvora Co-60, jednoliko raspoređenih na plaštu metalnog stošca, čime se u mozgu bolesnika postiže približno sferna raspodjela apsorbirane doze zračenja za jedan izocentar. Osnovu za točnu računalnu izradu fizikalnog modela relativne raspodjele apsorbirane doze u mozgu bolesnika čini eksperimentalno određivanje izlaznih faktora (omjer apsorbirane doze za snop od interesa i apsorbirane doze za referentni snop) i profila doze gama noža. Obzirom da su klinički dostupni detektori svojom veličinom sumjerljivi širini fotonskih snopova te često izrađeni od materijala koji nisu radiološki slični tkivu, dozimetrija uskih snopova opterećena je pogreškama čiji su izvori volumni učinak usrednjavanja mjenjenog signala i perturbacija snopa zračenja zbog prisutnosti detektora u snopu. U diplomskom radu eksperimentalno će se odrediti izlazni faktori i profili doze za sve širine fotonskih snopova Leksellovog gama noža, u referentnom sfernom, tkivu-ekvivalentnom fantomu, uz pomoć sljedećih detektora: ionizacijske komore malog volumena, poluvodičkog (p-tipa) detektora malog volumena, sintetičkog dijamantnog detektora malog volumena i plošnog detektora i radiokromskog filma. Za sve detektore istražiti će se učinak volumnog usrednjavanja mjenjenog signala i perturbacija fotonskog snopa u ovisnosti o vrsti detektora i širini snopa. Usporedit će se širine polusjena profila doze odrediti omjer signala i šuma u različitim uvjetima mjerenja. Konačno, odredit će se faktori popravaka eksperimentalno određenih izlaznih faktora i profila doze za učinke volumnog usrednjavanja i perturbacije snopa te će se popravljene vrijednosti usporediti s referentnima, poznatim iz literature. Sva mjerenja provest će se u Odjelu za stereotaksiju, funkcijsku neurokirurgiju i radioneurokirurgiju Klinike za neurokirurgiju KBC-a Zagreb, na Leksellovom gama nožu uz uporabu ionizacijske komore, poluvodičkog detektora, sintetičkog dijamantnog detektora i radiokromskog filma koji Odjel posjeduje.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Mjerenje homogenosti apsorbirane doze u krvnim pripravcima uporabom rendgenskog ozračivača u cilindričnoj geometriji

Krvni pripravci koji se koriste u transfuzijskoj medicini moraju biti bezopasni za primatelja. Osim testiranja na prisutnost uzročnika zaraznih bolesti, krvni pripravci se izlažu ionizirajućem zračenju u svrhu inaktivacije vijabilnih T-limfocita kako bi se spriječila transfuzijom inducirana reakcija transplantata protiv primatelja (eng. Transfusion associated Graft versus Host Disease, Ta-GvHD). Iako je pojava navedene reakcije rijetka i javlja se samo kod imunokompromitiranih ili drugih posebno osjetljivih pacijenata, kod takvih pacijenata je zabilježena visoka smrtnost. Kako bi se izbjegla pojava, Ta-GvHD krvni pripravci se ozračuju. Za ozračivanje krvnih pripravaka se mogu rabiti razni izvori ionizirajućeg zračenja, tradicionalno medicinski linearni akceleratori ili zatvoreni radioaktivni izvori, pri čemu je ključno osigurati da je doza ionizirajućeg zračenja u odgovarajućem rasponu vrijednosti u cijelom volumenu krvnog pripravka. U ovom radu će se vršiti dozimetrijska mjerenja na rendgenskom ozračivaču (Radgil2, Gilardoni) koji koristi rotirajući cilindar kao spremnik za krvne pripravke koji se ozračuju. Kao izvor ionizirajućeg zračenja se upotrebljava rendgenska cijev (Monoblocco Ulisse 200-20) smještena ispod spremnika. Uzroci nehomogenosti raspodjele doze u krvnim pripravcima su cilindrična geometrija spremnika za krvne pripravke, smještaj i blizina rendgenske cijevi, utjecaj učinka „pete“ anode (engl. heel effect) i smještaj vrećice s krvnim pripravcima unutar spremnika. U sklopu izrade diplomskog rada izvršiti će se mjerenja apsolutne doze i homogenosti raspodjele doze na više načina. Prva metoda predviđa upotrebu termoluminiscentnih dozimetara (TLD), namijenjenih provedbi osobne dozimetrije radnika profesionalno izloženih ionizirajućem zračenju (Panasonic UD-803, čitač Panasonic UD 716 AGL). Zbog malih dimenzija dozimetara oni mogu poslužiti za obje namjene tj. mogu se razmjestiti po ključnim mjestima u spremniku u svrhu određivanja doze u više točaka. Druga metoda predviđa mjerenje apsolutne doze i raspodjele homogenosti doze uporabom ionizacijske komore Farmerovog tipa i radiokromskog filma (Gafchromic EBT-XD, Ashland). Farmerova komora se rabi za mjerenje apsolutne doze u središnjem kanalu spremnika ozračivača, a trake radiokromskog filma za određivanje homogenosti raspodjele doze duž osi spremnika. Farmerova komora i prateći elektrometar trebaju biti umjereni (kalibrirani) u odgovarajućim dozimetrijskim veličinama od strane ovlaštenog mjernog (kalibracijskog) laboratorija, a prilikom korištenja radiokromskog filma potrebno je odrediti kalibracijsku krivulju filma koja povezuje optičku gustoću s apsorbiranom dozom. Umjesto krvnih pripravaka za vrijeme ozračivanja mogu se koristiti i vrećice napunjene vodom, fantom od polimetilmetaakrilata (PMMA) ili fantom od čvrste vode (engl. solid water). U izradi diplomskog rada student će ponoviti osnove međudjelovanja nabijenih i nenabijenih čestica s materijom, načela rada rendgenske cijevi, temeljne dozimetrijske veličine i primjenu različitih dozimetara u određivanju apsorbirane doze. Izvršit će se opsežna analiza prikupljenih podataka mjerenja i usporediti rezultate dobivene različitim dozimetrijskim tehnikama.

Tema je za smjer(ove)

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike

Magistar edukacije fizike i kemije

Magistar edukacije fizike i tehnike

Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Popravke modela fotonog snopa linearnog akceleratora optimizacijom prolaznosti gama indeksa kliničkih planova zračenja	
<p>Metode provjere slaganja procijenjenih (engl. evaluated), najčešće izračunatih raspodjela apsorbirane doze (u daljnjem tekstu - doze), i referentnih (engl. reference) raspodjeli, obično dobivenih mjerenjima u radioterapiji (RT) vanjskim snopovima, važne su za točnu i pouzdanu individualiziranu dozimetrijsku provjeru planova zračenja. Jedna od najčešće rabljenih metoda usporedbe raspodjela doza u jednoj, dvije ili više dimenzija je tzv. gama analiza. Gama indeks je prihvatni kriterij koji istovremeno razmatra razlike u referentnoj i procijenjenoj raspodjeli doze te udaljenost do slaganja (engl. distance to agreement) tih dviju raspodjela - vrijednosti doze i prostornih koordinata koordinate su hiperprostora ($n+1$ dim) s n prostornih koordinata i jednom koordinatom doze. Proizvođač sustava za 2D dozimetriju (PTW, Freiburg, Njemačka) i proizvođač (Elekta Oncology Systems, Crawley, UK) računalnog sustava za izračun doze i optimizaciju (engl. treatment planning system, TPS), daju oprečne smjernice za računanje raspodjela apsorbirane doze (mapa) u gama analizi. PTW preporuča skeniranje OCTAVIUS II fantoma s 1500 detektora pomoću CT skenera, dok Elekta sugerira uporabu tzv. virtualnog fantoma. U virtualnom fantomu možemo izabrati stupanj složenosti modela odnosno izbora kontura kojima treba pridijeliti određene vrijednosti relativne elektronske gustoće. U prvom dijelu rada će se ispitati da li postoji statistički značajna razlika u prolaznosti gama indeksa skupa planova zračenja ako se upotrebljava jedan (skenirani fantom) odnosno drugi način računanja (virtualni fantom). U nastavku će se pokušati modelirati virtualni fantom u TPS-u na načina da se najbolje slaganje mjerenja i izračuna doze dobije variranjem relativne elektronske gustoće fantoma. Proizvođač linearnog akceleratora stvara model fotonog snopa (engl. beam model) iz skupa dozimetrijskih mjerenja koje im korisnik dostavlja po izvršenom puštanju u rad jedinice za zračenje i pripadnog sustava za izračun doze i optimizaciju raspodjele i potom očekuje od korisnika da napravi naknadno ugađanje modela višelističnog kolimatora (engl. post modelling MLC adjustment). Njime se model snopa prilagođava specifičnostima višelističnog kolimatora (veličine poput procjepa između listića, učinka jezica i žlijeba kolimatora, međulističnog propuštanja zračenja). Upute proizvođača za određivanje parametara modela rabe standardizirana polja zračenja koja treba mjeriti s pločastim matičnim detektorom u plastičnom fantomu. Alternativno se u literaturi predlaže modeliranje uporabom uobičajenog kliničkog postupka provjere planova umjesto polja zračenja i fantoma iz proizvođačkog protokola. U radu će se stoga, za 10-15 tipičnih kliničkih planova ugađati parametri višelističnih kolimatora sve dok se ne dobije najbolja prolaznost gama indeksa odabranih planova zračenja. Za potrebe računa raspodjela doza, upotrijebit će se modelirani virtualni fantom. Početno će se uzeti vrijednost koje preporuča proizvođač. Nakon promjene nekog od parametara, preračunat će se raspodjela doze i provesti gama analiza, te potencijalno iterativnim putem doći do najboljeg skupa parametara. Definirat će se optimizacijski problem u kome tražimo maksimum funkcije prosječne gama prolaznosti za uzorak planova s nekoliko parametara. Na kraju rada će se optimizacijom dobiveni rezultati usporediti s vrijednostima dobivenim proizvođačkim protokolom za naknadno modeliranje sustava za izračun doze i optimizaciju. U ovom radu će student proširiti znanja o dozimetriji fotonog snopova u radioterapiji, upoznati temelje planiranja radioterapije modernim RT tehnikama zračenja poput volumno modulirane lučne terapije. Uz aktivno sudjelovanje u dozimetrijskim mjerenjima pomoću 2D detektora, uporabe računalne tomografije i linearnog akceleratora, od studente se očekuje da obrađuje i analizira potrebne podatke mjerenja, da za olakšavanje obrade velikog broja gama prolaznosti napiše računalni kod koji će automatski računati gama indeks za veći skup raspodjela doze, da rješava optimizacijski problem i upotrijebi odgovarajuće statističke testove za ispitivanje hipoteza rada. Novi sadržaj.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Bosnar	Institucija: pmf
Detekcija X-zraka iz kaonskih atoma olova HPGe detektorom	
Mjerenje energija X-zraka iz srednje teških i teških kaonskih atoma može poslužiti za precizno određivanje kaonske mase. U tu svrhu na ubrzivaču DA NE u Laboratorij Nazionali di Frascati, Italija, priprema se mjerenje energija X-zraka iz kaonskih atoma olova HPGe detektorom. Tijekom izrade diplomskog sudjelovalo bi se u mjerenju i inicijalnoj analizi podataka.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Bosnar	Institucija: pmf
Analiza podataka iz mjerenja X-zraka iz atoma olova za ispitivanje mogućeg narušenja Paulijeva principa	
Paulijev princip zabranjuje postojanje dva fermiona u istom stanju. Iako Paulijev princip ima dalekosežne posljedice, njegov uzrok još uvijek nije objašnjen. Što isto tako znači da taj princip može biti u određenoj, vrlo maloj, mjeri i narušen u nekim reakcijama. Moguća narušenja Paulijevog principa eksperimentalno su istraživana u traženju X-zraka emitiranih u prijelazima elektrona u popunjene ljuske određenih atoma, kao i traženjima gama zraka emitiranih u prijelazima u jezgrama koji su inače zabranjeni Paulijevim principom. Na Fizičkom odsjeku PMF-a s dva HPGe detektora napravljena su mjerenja spektara X-zračenja iz pločice olova kroz koju prolazi određena struja, odnosno postoje dodatni slobodni elektroni koji mogu, u slučaju narušenja Paulijevog principa, emitirati x-zrake određenih energija u slučaju elektronskih prijelaza u popunjeno osnovno stanje olova. U diplomskom će se analizirati podaci iz mjerenja. Potrebno znanje C/C++.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Fourierova analiza svjetlosnih krivulja ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja opaženih sa satelitom Fermi	
Ekstragalaktički bljeskovi gama-zračenja su kratki pulsevi (0.01 - 100 s) fotona energija ~ 100 keV – 1 MeV, koji se opažaju otprilike jednom dnevno sa satelitima u orbiti, npr. Fermi, Swift, ili INTEGRAL satelit. U nekoliko sekundi oslobađaju ~ 10^{51} – 10^{53} erg, što ih čini najsjajnijim objektima u Svemiru. Svjetlosne krivulje ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja imaju iregularne vremenske profile i razlikuju se od jednog bljeska gama zračenja do drugog. Promjene se dešavaju na vremenskoj skali puno kraćoj od trajanja bljeska, i mogu biti čak kraće od milisekunde. Ova vremenska skala je jedno od glavnih ograničenja na teorijske modele za bljeskove gama zračenja. U radu bi se provela analiza spektralne gustoće snage (eng. power density spectrum) za svjetlosne krivulje bljeskova gama-zračenja opaženih Fermi satelitom. Budući da opaženo gama-zračenje potječe od sinhrotronske emisije elektrona ubrzanih u relativističkom mlazu, iz nagiba spectralne gustoće zračenja može se dobiti uvid u fluktuacije brzine i magnetskog polja u sredstvu u kojem je zračenje nastalo. Bosnjak, Barniol Duran, Pe'er: 'The GRB prompt emission: an unsolved puzzle' (https://www.mdpi.com/2075-4434/10/2/38)	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Vuko Brigljević	Institucija: irb
Produkcija tripleta Higgsovih bozona na Velikom hadronskom sudarivaču	
Cilj ovog rada je proučiti moguću osjetljivost mjerenja na opažanje procesa u kojem se produciraju tri Higgsova bozona (HHH) u proton-proton sudarima na Velikom hadronskom sudarivaču (LHC) na CERN-u. Taj proces je dozvoljen u sklopu Standardnog modela (SM) elementarnih čestica, ali je njegov predviđeni udarni presjek jako mali i čini ga gotovo nedostupnim s očekivanom količinom sudara, mjerenom integriranim luminozitetom, na LHC-u. U sklopu raznih proširenja SM-a bi zahvaljujući prisutnosti novih čestica i interakcija taj udarni presjek mogao biti puno veći i dostupan mjerenjima. To je npr. slučaj u modelima koji predviđaju prošireni skalarni sektor u odnosu na SM s više skalarnih bozona. U ovom radu će se proučiti moguće mjerenje produkcije tripleta Higgsovih bozona u okviru takvog modela u kojemu su prisutna dva dodatna teža skalarna bozona X i Y, s hijerarhijom masa $M_X > M_Y > 2 M_H$ gdje je H opaženi Higgsov bozon na LHC-u s masom od 125 GeV. Producirani X bozon bi mogao rezultirati u konačnom stanju s 3 Higgsova bozona (H). Razmatrat će se slučaj u kojem se sva 3 H bozona raspadaju u par b kvarkova i barem dva od tri H bozona su producirana s velikim impulsom i raspadaju se u dva vrlo kolimirana hadronska mlaza koji se preklapaju u detektoru u tzv. «debeli jet» (engl. Fat jet). Razmotrit će se mogući kriteriji za odabir takvih procesa i proučiti očekivana pozadina iz drugih procesa i mogući način da ju se potisne. Na temelju očekivane količine signala i pozadine koristiti će se statističke metode za dobiti procjenu osjetljivosti na udarni presjek za produkciju tripleta Higgsovih bozona.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Implementacija kvantnih računala i kvantnih algoritama	
U okviru diplomskog rada analizirati će se moguće sheme za implementaciju kvantnih računala poput zatočenih iona i supravodljivih kvantnih qubitova, te će se analizirati kvantni algoritmi. Ovisno o interesima studenta, naglasak može biti na implementaciji same platforme (hardwarea) ili izradu algoritama (softwarea).	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Korištenje nadziranog i polunadziranog strojnog učenja za detekciju ljudi u elektromagnetskom polju	
U ovom diplomskom radu istražiti će se utjecaj jedne ili više osoba na raspodjelu elektromagnetskog zračenja u nekom prostoru, pri čemu će naglasak biti na korištenju metoda nadziranog i polunadziranog strojnog učenja. Elektromagnetsko zračenje, odnosno WiFi signal, bilježi se putem jednog ili više detektora koji su raspoređeni u promatranom okruženju. Detektor utvrđuje jakost (snagu) WiFi signala, a transmisija i detekcija signala ne zahtijeva aktivnu suradnju osoba (osobe ne moraju posjedovati vlastiti WiFi uređaj). Cilj diplomskog rada je naći optimalne metode strojnog učenja koje mogu prepoznati i utvrditi prisustvo i broj ljudi u promatranom prostoru.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Ivana Capan	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Uloga bora kao neželjene primjese u n-tipu SiC	
Bor, uz aluminij se najčešće koristi za dopiranje p-tipa SiC. Međutim, nedavna istraživanja su pokazala da je bor, kao neželjena primjesa, također prisutan i u n-tipu SiC. Do unošenja bora dolazi tijekom rasta kristala, CVD metodom. Koncentracije tako unošenog bora nisu zanemarive te unose duboke nivoe unutar zabranjenog pojasa energije. Metodom tranzijentne spektroskopije manjinskih nosioca naboja, proučavat će se duboki nivoi vezani uz bor u n-tipu SiC.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tihomir Car	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Rezonancije površinskih plazmona u prostorno uređenim srebrnim nanočesticama	
<p>Tanki filmovi koje sadrže nanočestice plemenitih metala iznimno su zanimljivi zbog posebnih optičkih i električnih svojstava, te imaju brojne primjene u nanotehnologiji i medicini. Tema diplomskog rada je istraživanje strukturnih, električnih i optičkih svojstava serije takvih materijala koji se razlikuju po veličini i prostornom rasporedu srebrnih nanočestica. U tu svrhu planira se izraditi serija od tri materijala sastavljena od prostorno uređenih srebrnih nanočestica ugrađenih u poluvodičku SiC matricu metodom samouređujućeg rasta tijekom magnetronskog rasprašenja. Strukturna svojstva bit će određena metodom GISAXS (grazing incidence small angle x-ray scattering), optička mjerenjem apsorpcije svjetlosti u materijalima, a električna mjerenjem njihove vodljivosti. U materijalima se očekuje pojava rezonancije površinskih plazmona vidljivih u optičkim mjerenjima, i također zanimljiva električna svojstva zbog poluvodičke matrice u koju su srebrne nanočestice ugrađene. Cilj je odrediti utjecaj strukturnih svojstava materijala (veličine i međusobne udaljenosti nanočestica) na njihova optička i električna svojstva. Posena pažnja bit će posvećena istraživanju ovisnosti svojstava rezonancije površinskih plazmona o strukturi materijala. Svi uređaji potrebni za izradu materijala kao i mjerenja dostupni su u našem laboratoriju.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tihomir Car	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Priprava i karakterizacija tankih filmova Mo/ZnO	
<p>Tanki filmovi molibdena imaju veliku primjenu u solarnim ćelijama, optoelektroničkim uređajima, detektorima zračenja, sensorima itd. 1–4 Posljedica je to izvrsnih svojstava molibdena, visoke temperature tališta, izvrsne kemijske stabilnosti i mehaničkih svojstava. 1 Kako bi se tanki Mo filmovi mogli uspješno primijeniti, potrebno je dobro poznavanje odnosa nano-strukture i električnih, optičkih i mehaničkih svojstava. Stoga je cilj ovog diplomskog rada pripremiti tanke slojeve Mo/ZnO, različitih udjela komponenti, magnetronskim raspršenjem. Nano-strukturna svojstva dobivenih filmova odredit će se GISAX-om (PXRD, GIXRD), sastav EDS-om, Raman morfologija SEM-om i AFM-om. Adhezija filmova na supstrat odredit će se „tape testom“. Odredit će se stabilnost filmova u blago kiselom, neutralnom i alkalnom mediju.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Izrada interaktivnih zadataka iz programiranja	
<p>Cilj je dizajnirati interaktivne zadatke iz određenog programskog jezika (C/C++, Java, Python, ...). Za svaki tip interaktivnog zadatka potrebno je napraviti program koji će generirati zadatke tog tipa npr. u LaTeX formatu ili u nekom formatu pogodnom za ubacivanje u postojeće sustave za e-učenje kao što je Merlin/Moodle/VPL. Takvi zadaci mogu poslužiti u nastavi kao pomoćno sredstvo studentima pri učenju osnovnih elemenata programiranja: izraza, operatora, pokazivača, petlji i sl. Također mogu poslužiti i za provjeru znanja. Pri tome je važno imati više varijanti zadatka približno jednake težine. Tema je pogodna za više diplomskih radova.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Rekurentne neuronske mreže	
<p>Opisati rekurentne neuronske mreže (RNN), problem s iščezavajućim gradijentima s kojim se susreće osnovna varijanta RNN-a, te rješenje pomoću varijante RNN-a s dugom kratkoročnom memorijom (long short term memory, LSTM). Literatura: Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning, The MIT Press, 2016.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Putevi tuneliranja u grozdovima vode	
<p>Potruga za adekvatnom karakterizacijom i razumijevanjem kooperativne dinamike vodikovih veza u vodi motivirala je brojne eksperimente na malim grozdovima vode uporabom vibracijsko-rotacijske spektroskopije. Kako su za sustave od više od 6 atoma egzaktne kvantno-mehanički računi prezahtjevni, koristimo metodu instantona kako bismo odredili koji su dominantni putevi preslagivanja u grozdu vode, te njima interpretirali izgled spektra. Cilj diplomskog rada je karakterizacija spektra odabranog grozda vode (npr. tetramer ili heksamer vode), te izračun dinamike preslagivanja vodikovih veza u ovisnosti o temperaturi. Metoda instantona prošla je kroz razdoblje intenzivnog razvoja u zadnjem desetljeću, te je njena primjena u mnogim domenama još neistražena (npr. spektar tuneliranja u vibracijski i rotacijski pobuđenim stanjima, brzine procesa u mikrokanonskom ansamblu, te brzine tuneliranja kroz neadijabatske barijere). Primjena metode instantona u novim domenama, što uključuje temu ovog diplomskog rada, dio je HrZZ projekta "Efekt kvantnog tuneliranja: dinamika molekula s kvantnim jezgrama".</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Neadijabatsko tuneliranje u molekulskim sustavima metodom instantona	
<p>Fotoinducirani procesi u molekulama često uključuju dinamiku u pobuđenim elektronskim stanjima. Kad se takav sustav nađe u blizini koničnog presjecišta, gdje dva elektronska stanja postanu degenerirana, može doći do efikasnog transfera populacije među stanjima. Te su populacije observable koje se mogu eksperimentalno mjeriti. Kada je energija sustava ispod koničnog presjecišta, prijelaz među stanjima moguć je tuneliranjem, što se eksperimentalno očituje u jakoj ovisnosti brzine procesa o valnoj duljini pobuđenja i masi (izotopnim supstitucijom). Cilj diplomskog rada je proučiti na modelu koliko se precizno može računati koeficijent brzine tuneliranja između dva elektronska stanja metodom instantona kroz različite režime vezanja dva elektronska stanja, te za mikrokanonski i kanonski ansambl. Očekivana primjena je na fotodisocijaciji molekule pirola. Tijekom diplomskog rada, očekuje se izrada vlastitog računalnog programa za izračun koeficijenta brzine reakcije za kanonski i mikrokanonski ansambl, te metode za optimizaciju puta minimalne akcije, koji povezuje dva elektronska stanja kroz konično presjecište. Primjena metode instantona u novim domenama, što uključuje temu ovog diplomskog rada, dio je HrZZ projekta "Efekt kvantnog tuneliranja: dinamika molekula s kvantnim jezgrama".</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: dr. sc. Matija Čulo	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Kolosalni magnetootpor u oksidima mangana	
<p>Električna vodljivost mnogih materijala se može promijeniti primjenom magnetskog polja, što predstavlja koristan alat za fundamentalna istraživanja transporta naboja u kondenziranoj materiji te otvara put prema potencijalnim primjenama. Ova promjena vodljivosti (otpornosti) u magnetskom polju naziva se magnetootpor te je u većini materijala vrlo mala (nekoliko %), a može biti pozitivna i negativna. Međutim, 1994. godine je objavljen rad o oksidu mangana (manganitu) $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_x$ s vrijednostima magnetootpora koje dosežu -127000 %, a samo godinu dana kasnije je u srodnom manganitu $\text{Nd}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}$ izmjeren magnetootpor u vrijednosti od -10^6 %. Ovakav neuobičajeno veliki magnetootpor, prozvan kolosalnim magnetootporom, je tako postao jedan od najproučavanijih fenomena u fizici kondenzirane materije. Kolosalni magnetootpor se javlja u dobro istraženom feromagnetskom metalnom dijelu faznog dijagrama manganita, no unatoč istraživanju koje traje gotovo 30 godina, njegovo porijeklo i dalje nije do kraja riješeno. U svrhu boljeg razumijevanja kolosalnog magnetootpora, naša grupa se veći dugi niz godina fokusirala na znatno slabije istraženi antiferomagnetski izolatorski dio faznog dijagrama manganita u kojem dolazi do lokalizacije vodljivih elektrona uslijed uspostave dugodosežnog uređenja naboja. Naša dosadašnja mjerenja magnetootpora na tankim filmovima manganita $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ su jasno pokazala ne samo da je kolosalni magnetootpor prisutan i u antiferomagnetskom dijelu faznog dijagrama, nego i da njegova vrijednost doseže nevjerovatnih $-7 \cdot 10^{11}$ %, što je koliko je nama poznato najveća izmjerena vrijednost kolosalnog magnetootpora ikada. Čini se da je ovakvo enormno povećanje vodljivosti povezano s delokalizacijom vodljivih elektrona kao posljedica destabilizacije antiferomagnetske izolatorske faze koja se u magnetskom polju postepeno topi i prelazi u feromagnetsko metalno stanje. U svrhu daljnjeg razumijevanja kolosalnog magnetootpora, u planu su detaljna istraživanja stabilnosti izolatorske faze uređenja naboja u magnetskom polju za različite koncentracije x kod tankih filmova $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$, različite veličine zrna kod keramičkih uzoraka $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ te kod srodnog manganita $\text{Ca}_{1-x}\text{Gd}_x\text{MnO}_3$. U okviru diplomskog rada student će sudjelovati u mjerenjima magnetootpora na odabranim uzorcima manganita koja će se provesti u sustavu za mjerenje fizikalnih svojstava u rasponu temperatura 2-300 K i u magnetskim poljima do 16 T. Uz kolosalni magnetootpor i usko vezane fenomene u manganitima, student će se u ovom radu upoznati i s načinom rada sustava za mjerenje fizikalnih svojstava te s mjerenjem transportnih svojstava na niskim temperaturama i u jakim magnetskim poljima.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Iva Dasović	Institucija: pmf
Seizmičnost na području Hrvatske u razdoblju 2016. – 2020. god.	
U radu će se analizirati seizmička aktivnost na području Hrvatske – njena prostorna i vremenska razdioba te razdioba potresa prema magnitudi. Posebno će se razmotriti zanimljive serije potresa i zanimljiva područja.	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: dr. sc. Ida Delač	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Molekularna adsorpcija na 2D materijalima	
<p>Dvodimenzionalni (2D) materijali potekli su iz porodice slojevitih materijala izdvajanjem jedne atomske ravnine iz trodimenzionalnog kristala. U slojevitim materijalima veze između pojedinih slojeva su relativno slabe (van der Waalove), dok su atomi unutar slojeva čvrsto vezani (tipično kovalentnim vezama). Iako postoji mnogo stabilnih slojevitih materijala, samo malobrojni ostaju stabilni kada ih se svede na jednu ravninu. 2D materijali smatraju se dobrom potencijalnom građom za buduće elektroničke uređaje zbog svojih iznimnih mehaničkih, električnih i optičkih svojstava. Međutim, prije njihove implementacije u komercijalne elektroničke uređaje potrebno je riješiti niz specifičnih problema. S tim ciljem, svojstva 2D materijala mogu se prilagoditi funkcionalizacijom (npr. adsorpcijom molekula) ili mehaničkom modulacijom. Općenito, adsorpcija molekularnog sloja može omogućiti dopiranje, regulaciju širine međuvrčanog procjepa, modulaciju vibracijskih modova i kontrolu magnetizma 2D materijala. U sklopu izrade diplomskog rada planira se rad na razvoju novih i/ili optimizaciji postojećih protokola za depoziciju organskih molekula na 2D materijale (npr. grafen, molibden disulfid...) te karakterizacija dobivenih hibridnih materijala uz pomoć nekoliko površinski osjetljivih tehnika: optičkom mikroskopijom i tehnikama skenirajuće probne mikroskopije: mikroskopom atomskih sila (eng. atomic force microscope - AFM) i/ili pretražnim tunelirajućim mikroskopom (eng. scanning tunneling microscope - STM). Ove osnovne eksperimentalne tehnike će se nadopuniti komplementarnim tehnikama karakterizacije 2D materijala (Ramanova spektroskopija, fotoluminiscencija, mjerenja transportnih svojstava...) u dogovoru sa studentom, ovisno o interesu i raspoloživom vremenu.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Bioelektronički stimulatori s galvanskim prednaponom	
<p>Fotokondenzatori su opto-elektronički elementi koji se sastoje od pn dvosloja organskih poluvodiča i povratne elektrode, koji funkcioniraju poput kombinacije sunčeve ćelije i elektrolitskog kondenzatora. Koriste se kao neurostimulatori u bioelektronici - interdisciplinarnom području koje obuhvaća medicinu, elektrofiziologiju, biofiziku, kemiju i znanost o materijalima. Pri izlaganju svjetlosti u organskom dvosloju fotokondenzatora dolazi do generiranja eksitona i njihovog razdvajanja. Kada je fotokondenzator uronjen u ionski elektrolit, na površinama fotokondenzatora dolazi do nakupljanja naboja suprotnih predznaka, te kroz elektrolit teče kapacitivna struja. U idealnom slučaju na kontaktu elektrolita i fotokondenzatora prisutni su samo kapacitivni procesi, bez elektrokemijskih (faradejskih) redoks procesa, koji su nepoželjni za terapijske primjene. Kod realnih fotokondenzatora prisutni su uz kapacitivne i faradejski redoks procesi. Njih je moguće modulirati primjenom prednapona i pomicanjem fotokondenzatora iz faradejskog u kapacitivni režim, i to spajanjem galvanskog članka u seriju sa fotokondenzatorom. Kao galvanski članak koristit će se elektrode izrađene od različitih metala koje će zajedno sa fotokondenzatorom biti uronjene u elektrolit. Odabirom različitih kombinacija materijala moguće je ostvariti prikladan predznak i amplitudu galvanskog prednapona, te dizajnirati i izraditi fotokondenzator koji će raditi u prouzvoljnom načinu rada. Pri izradi ovoga diplomskog rada student će u laboratoriju izraditi i karakterizirati fotokondenzatore koristeći metode mikrofabrikacije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Primjene spektroskopije laserom inducirane plazme	
<p>Spektroskopija laserom inducirane plazme (eng. LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy) eksperimentalna je metoda atomske fizike u kojoj se fokusirani laserski puls koristi za induciranje plazme u plinovitom, tekućem ili čvrstom uzorku. Spektroskopijom generiranog oblaka plazme opažaju se emisijske linije prisutnih elemenata, što se može koristiti izravno za elementarnu analizu, identifikaciju ili usporedbu uzoraka. Metoda je osjetljiva na vrlo niske koncentracije elemenata u uzorku. Brojne su moguće primjene u industriji, kvaliteti kontrole, forenzici, kao i u fundamentalnoj znanosti. Tijekom izrade diplomskog rada student/ica će detaljno teorijski i eksperimentalno obraditi neku od primjena LIBS-a, koristeći moderni LIBS spektrometar dostupan u Laboratoriju za optičku atomsku spektroskopiju na Fizičkom odsjeku PMF-a.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Fabio Franchini	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
A new protocol for quantum batteries	
<p>As we are in the midst of the second quantum technology revolution, it has become interesting and important to reconsider what quantum mechanics can do for us in improving the performance of various technologies. Quantum batteries are devices that can store and transfer energy in a coherent way, thus preserving the quantum resources they are connected to. In this project, the candidate will study a new protocol in which the battery is charged through a quantum quench (that is, the sudden change of one of the Hamiltonian's parameters) of a one-dimensional quantum spin chain and calculate, partly analytically and partly numerically, its efficiency and benefits compared to the existing proposals. While this analysis is theoretical, these devices can be experimentally realized using cold atoms.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Fabio Franchini	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Lack of ergodicity as a new spontaneous symmetry breaking effect	
<p>In the last century random matrices have emerged as a powerful tool to capture the collective properties of chaotic systems with many degrees of freedom (DoF). Chaotic behavior implies the equivalence of various basis representations of the DoF, while matrices encode their relationship statistically. This is akin to the situation in thermodynamics where the exact dynamical evolution is replaced with a statistical description. In this project, the candidate will study the equilibrium distribution of certain random matrix models where the basis invariance is spontaneously broken (as in ferromagnets) and thus the chaotic dynamics cannot cover the whole configurational space, thus showing a lack of ergodicity. This phenomenon represents a new, powerful and general way to describe localization with many potential applications in various fields in physics and beyond.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Gebavi	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Površinski pojačana Ramanova spektroskopija na metalom obloženim silicijskim nanostrukturama	
<p>Površinski pojačano Ramanova spektroskopija (SERS) je metoda vibracijske spektroskopije pri čemu se zahvaljujući površinskim plazmonima metala postiže vrlo visoka senzorska osjetljivost nedostižna osnovnoj Ramanovoj spektroskopiji. Jedinstveni SERS spektar pojedine molekule ovu metodu čini selektivnom dok veliki faktor pojačanja omogućuje detekciju samo jedne molekule što su neke od osnovnih karakteristika naprednih optičkih senzora. Iako su višegodišnja teorijska i eksperimentalna istraživanja značajno proširila uvid u specifičnosti i mogućnosti ove metode njena široka primjena u svakodnevnom životu nedostaje. Nanostrukturirane silicijske SERS podloge sintetizirane su u 'Laboratorij za molekulsku fiziku i sinteze novih materijala' na institutu Ruđer Bošković. Silicijske nano-žice i nano-drveća obložena zlatom ili srebrom pokazala su senzorska svojstva na razini komercijalnih proizvoda. Prvi dio istraživanja obuhvaća upoznavanje s metodologijom oblaganja Si nanožica i nanodrveća sa Ag ili Au prvenstveno pomoću tzv. 'sputtering' metode. Drugi dio uključuje rad na novom i modernom spektrometru tvrtke Renishaw s dvije pobudne laserske linije na 785 nm i 533 nm te testiranje senzorskih svojstava SERS podloga. Nakon upoznavanja sa osnovnim parametrima koji čine naprednu SERS podlogu te rukovanju sa Ramanovim spektrometrom naglasak će se dati SERS primjenama.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Applying Artificial intelligence to quantum complex systems	
<p>Quantum complex systems are at the basis of a large amount of possible quantum devices that are predicted to impact our lives in the next future. It is therefore crucial to analyze such systems to exploit their valuable features. Unfortunately, analytical methods are limited to a small number of cases; outside of them, we have to resort to numerical approaches, each of which has strengths and weaknesses. Among them, in the last years, new approaches based on the use of neural networks and Artificial Intelligence were developed and caught an increasing interest. In her/his project, the candidate will test them in systems for which analytical solutions are also available. Choosing several different observables, she/he will compare the prediction obtained within the different approaches, analyze the accuracy of the one obtained with the neural networks, unveil its weaknesses and try to draw a path to overcome them.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Frustration and Artificial Intelligence	
<p>The frustration, i.e. the impossibility of simultaneously satisfying all the constraints of a quantum complex system, is a phenomenon that is catching and increasing interest, nowadays. If from one side, they can provide features to be exploited in quantum devices of the next future, they also represent a challenging test bed for all numerical methods used in modern research. Among them, in the last years, new approaches that take advantage of the versatility of neural networks and Artificial Intelligence were developed with success. In her/his project, the candidate will test one or more approaches based on neural networks to systems with different sources of frustration (Topological, geometrical, etc.). Choosing several different observables, she/he will compare the results obtained with the neural networks approaches with other numerical and, if possible, analytical methods. She/he will analyze the accuracy of the one obtained with the neural networks, test their weaknesses, and try to find strategies that will allow them to overcome them.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Mjerenje magnetske anizotropije magnetoelektrika u magnetskom i električnom polju	
<p>Magnetoelektrično vezanje između magnetskih i električnih dipola u nekom materijalu omogućava nam da magnetskim poljem utječemo na električne dipole, i obrnuto, električnim poljem na magnetske dipole. Magnetoelektrici su materijali u kojima postoji takvo vezanje te su stoga iznimno zanimljivi kao funkcionalni materijali s potencijalnom primjenom u novim elektroničkim uređajima. Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje magnetske anizotropije odabranog magnetoelektrika mjerenjima magnetskog momenta sile u primijenjenom magnetskom i električnom polju. Mjerenje magnetskog momenta sile predstavlja jednu od najosjetljivijih eksperimentalnih tehnika za proučavanje makroskopske magnetske anizotropije. Mjerni postav na kojem će student izraditi diplomski rad je jedinstven u svijetu zbog mogućnosti stavljanja uzorka simultano u magnetsko i električno polje. Ovom tehnikom je moguće detektirati promjenu iznosa, ali i smjera magnetskih dipola te rekonstruirati reorientacije magnetskih dipola do kojih može doći primjenom magnetskog i/ili električnog polja. Student će pri izradi diplomskog rada sudjelovati u mjerenjima magnetskog momenta sile, kao i u interpretaciji izmjerenih rezultata. Mjerenja na odabranom magnetoelektriku će se vršiti u širokom temperaturnom rasponu (od 2K do 300K). Pri tome će student steći određeno iskustvo u radu s kriogenim tekućinama (tekućim dušikom i helijem), kao i s mjernom opremom te se ujedno upoznati s temom magnetoelektrika koja je trenutno u fokusu istraživanja u fizici i kemiji materijala. Znanje i iskustvo stečeno pri izradi ovog diplomskog rada predstavljat će dobru podlogu studentima koji svoje obrazovanje žele nastaviti u području eksperimentalne fizike čvrstog stanja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Ekperimentalno određivanje magnetske simetrije u antiferomagnetima	
<p>Antiferomagneti su magnetski materijali kod kojih je magnetski uređeno stanje takvo da materijal koji je antiferomagnet ne daje magnetsko polje. Ovo je suprotno situaciji u feromagnetima koji još od davnina, a pogotovo danas, imaju vrlo široku primjenu zato što daju spontano magnetsko polje. Iako se na prvi pogled čini da je antiferomagnetsko stanje zbog svoje "nemagnetičnosti" beskorisno, danas je ono u fokusu istraživanja u okviru tzv. antiferomagnetske spintronike. Pri tome je magnetska simetrija uređenog stanja jedno od vrlo bitnih svojstava antiferomagneta jer određuje i ostale moguće potencijalno korisne karakteristike koje materijal može imati (npr. feroelektričnost ili magnetoelektričnost). U ovom radu student će se upoznati sa svojstvima odabranog antiferomagneta u prvom redu mjerenjima magnetizacije i magnetskog momenta sile. Koristeći jednostavni fenomenološki model magnetokristalne energije anizotropije koja je simetrijski moguća u tom materijalu, simulirat će mjerene krivulje magnetizacije i magnetskog momenta sile u osnovnom stanju te ih usporediti s mjerenjima. Na ovaj način odredit će makroskopsku magnetsku simetriju koja opisuje osnovno stanje materijala. Ovaj pristup omogućit će i simulaciju reorijentacija magnetskih momenata u magnetskom polju, ukoliko do nje dolazi u odabranom uzorku. Na kraju će se dobiti ekperimentalno određeni anizotropni magnetski fazni dijagram odabranog antiferomagneta. Ovi rezultati bit će i podloga za objavu znanstvenog članka. Student će pri izradi diplomskog rada sudjelovati u mjerenjima magnetizacije i magnetskog momenta sile, kao i u interpretaciji izmjerenih rezultata. Mjerenja na odabranom antiferomagnetu će se vršiti u širokom temperaturnom rasponu (od 2K do 300K) kao i u visokim magnetskim poljima (do 16T). Pri tome će student steći određeno iskustvo u radu s kriogenim tekućinama (tekućim dušikom i helijem), supravodljivim magnetima, kao i s dostupnom mjernom opremom koju će koristiti u svom radu. Znanje i iskustvo stečeno pri izradi ovog diplomskog rada predstavljat će dobru podlogu studentima koji svoje obrazovanje žele nastaviti u području ekperimentalne fizike čvrstog stanja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Primjene metoda dubokog učenja u kompleksnim sustavima	
<p>Diplomski rad bavio bi se neuronskim mrežama nad grafovima (GNN, eng. graph neural networks). Ukratko bi se objasnile osnovne ideje GNN arhitekture i njihovu primjenu na kompleksne fizikalne sustave poput fluida i materijala koji se mogu deformirati. Primjena GNN arhitekture daje modele koji mogu dobro generalizirati i davati predviđanja u jednom vremenskom koraku u sustavu s više tisuća čestica tijekom treninga, te tisuće vremenskih koraka i barem red veličine više čestica kada se model testira. Istražit će se robusnost modela na odabir hiperparametara i uvođenja šuma u proces treniranja. Dodatno, postoji opcija istraživanja dosega GNN arhitekture u fizici elementarnih čestica.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Određivanje dinamike fizikalnog sustava pomoću dubokih neuralnih mreža	
<p>Diplomski rad za cilj bi imao odrediti dinamiku sistema koji se obično koriste kao demonstracijski pokusi ili kao laboratorijske vježbe. U prvom dijelu snimila bi se dinamika sustava te bi se iz video materijala odredili podaci o dinamici sustava (položaj relevantnog elementa u vremenu). Za određivanje dinamike koristio bi se PDE-FIND (PDE Functional Identification of Nonlinear Dynamics) algoritam koji je dodatno modificiran tako da može identificirati diferencijalne jednadžbe iz područja klasične mehanike koristeći se podacima o dinamici sustava. Algoritmom bi se uspješno trebalo identificirati diferencijalne jednadžbe koje opisuju slobodni pad, harmonijski oscilator i slične jednostavne sustave. Pristup bi trebao pokazati robusnost u slučajevima kada snimljeni podaci imaju određenu razinu šuma.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Hršak	Institucija: kbc
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Dozimetrijska provjera konvolucijskog algoritma za izračun absorbirane doze u radiokirurgiji mozga Leksellovim gama nožem	
<p>U radiokirurgiji mozga Leksellovim gama nožem (Elekta AB, Švedska) koristi se 192 uska, konusna fotonska snopa (širine 4, 8 i 16 mm u izocentru) za jednokratno ozračivanje malih, duboko smještenih tumora u mozgu pacijenta. Snopovi se dobivaju radioaktivnim raspadom 192 izvora Co-60, uniformno raspoređenih na plaštu stošca, čime se u mozgu pacijenta postiže približno sferna raspodjela absorbirane doze zračenja za jedan izocentar. U planiranju radiokirurškog postupka računalnim sustavom za planiranje radioterapije (engl. Treatment Planning System - TPS) Leksell Gamma Plan LGP (Elekta AB, Švedska), za izračun kliničkih, višeizocentričkih raspodjela doze standardno se koristi računalni algoritam, koji se temelji na omjeru doza tkivo-maksimum (engl. Tissue Maximum Ratio - TMR), poznat kao TMR algoritam. Ovaj algoritam pretpostavlja potpunu homogenost gustoće i kemijskog sastava tkiva glave pacijenta te gustoću tkiva glave pacijenta ekvivalentnu vodi. Algoritmi ovakvog tipa obično se klasificiraju kao bazirani na vodi (engl. water-based) i kao ulazne parametre za izračun koriste dubinu u tkivu (vodi), zakon obrnutog kvadrata, gušenje fotonskog snopa u vodi, izlazne faktore, eksperimentalno određenu vrijednost absorbirane doze u vodi u referentnim uvjetima te profile doze. Izračun absorbirane doze korištenjem TMR algoritma daje rezultate zadovoljavajuće točnosti za središnje područje mozga, u kojem u neposrednoj blizini nema struktura različitog kemijskog sastava i gustoće (primjerice, kost, zračne šupljine), dok u blizini heterogenih tkiva (primjerice kosti na bazi ili konveksitetu lubanje, zračne šupljine u sinusima), pogreška u izračunu može iznositi i do 15%. Osim spomenutog algoritma, LGP TPS opremljen je i konvolucijskim algoritmom za izračun absorbirane doze, koji uzima u obzir heterogenosti tkiva. Ovaj algoritam prilikom izračuna doze konvoluiru raspodjelu ukupne energije po jedinici mase prenešene iz primarnog fotonskog snopa (engl. Total Energy Release per unit MASS - TERMA) konvolucijskim funkcijama koje opisuju kako se prenešena energija distribuiru u okolinu sekundarnim nabijenim česticama. Konvolucijski algoritam uzima u obzir heterogenosti tkiva kroz skaliranje TERMA-e i konvolucijskih funkcija gustoćom tkiva, koja se određuje iz Hounsfieldovih brojeva direktno proporcionalnih elektronskoj gustoći tkiva (engl. electron density - ED), određenih računalnom tomografijom (engl. Computerized Tomography - CT). Ovakav postupak računalno se obavlja za svaki voksel koji ima svoj pripadajući Hounsfieldov broj (zavisno o gustoći tkiva u vokselu), a koji je dobiven CT oslikavanjem. S obzirom da konvolucijski algoritam uzima u obzir heterogenosti tkiva, očekuje se da je veće točnosti u izračunu absorbirane doze u odnosu na TMR algoritam. U diplomskom radu proveo bi se postupak dozimetrijske provjere konvolucijskog algoritma za LGP sustav za računalno planiranje radiokirurškog postupka Leksellovim gama nožem, u sklopu koje bi se provela i usporedba s TMR algoritmom koji se standardno klinički koristi, za jednostavne jedno-izocentričke raspodjele doze. Skeniranjem kružnog CT-ED fantoma s umetcima poznatih različitih gustoća (voda, zrak, tkiva, kosti), prema odgovarajućem kliničkom CT protokolu, eksperimentalno bi se odredili pripadajući Hounsfieldovi brojevi za različite gustoće tkiva te bi se njihovim povezivanjem s elektronskim gustoćama odredila CT-ED krivulja kao osnova za izračun konvolucijskim algoritmom. U svrhu dozimetrijske verifikacije, točnost izračuna absorbirane doze konvolucijskim algoritmom provjerila bi se usporedbom izračunatih vrijednosti absorbirane doze, izlaznih faktora i profila doze s vrijednostima određenim eksperimentalno, dozimetrijskim mjerenjima u sferičnim fantomima različitih gustoća te antropomorfnom fantomu s tkivu ekvivalentnim gustoćama. Za mjerenja bi se koristile ionizacijske komore malih volumena i radiokromski dozimetrijski filmovi. Također, provela bi se i usporedba s vrijednostima izračunatim pomoću TMR algoritma. Student će se tijekom izrade diplomskog rada upoznati s osnovnim principima dozimetrije ionizirajućeg zračenja u radioterapiji, dozimetrijskim protokolima te obnoviti znanje o međudjelovanju nenabijenih i nabijenih čestica s materijom i radioaktivnom raspadu. Kroz eksperimentalni rad upoznat će se i s osnovnom dozimetrijskom instrumentacijom u radioterapiji (elektrometar, ionizacijska komora, radiokromski dozimetrijski film), osnovnim principima radiokirurgije mozga te s uređajima za kliničko oslikavanje (CT uređaj) i provođenje radiokirurškog postupka (Leksellov gama nož). Student će eksperimentalno odrediti absorbiranu dozu zračenja različitim detektorima zračenja, koristeći dozimetrijski protokol za male fotonske snopove. Odredit će i Hounsfieldove brojeve iz CT slikovnih prikaza te provesti račun absorbirane doze koristeći konvolucijski i TMR algoritam u LGP računalnom sustavu za planiranje radiokirurškog postupka. Također, provest će i analizu nepouzdanosti za računski i eksperimentalno određivanu absorbiranu dozu.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Amon Ilakovac	Institucija: pmf
Metoda homotopijske analize i njene primjene	
<p>U diplomskom radu planira primijenom metode homotopijske analize pokušati riješiti nekoliko fizikalnih problema. Konkretno planira se riješiti vremenski neovisne Schroedingerove jednadžbe i usporediti rješenje koje se dobiva klasičnim perturbativnim pristupom. Metoda bi se primjenila na kvartični potencijal, helijev atom i slično. Analizirala bi se metoda pomoćnog operatora i parametra deformacije.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tomislav Ivek	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Mjerenje statičke električne polarizacije magnetoelektrika	
<p>Među modernim materijalima od značaja ističu se feroelektrici, multiferoići (sustavi s više istovremenih feroičnih uređenja), magnetoelektrici (primjena magnetskog polja uzrokuje električni odziv i obratno) te srodni sustavi. Njih odlikuje pojava električne polarizacije koja ih čini pogodnima za različite senzore, računalnu memoriju, ali i fundamentalna ispitivanja mikroskopskih elektronskih međudjelovanja u kristalnoj rešetki. U posljednjim godinama pogotovo su zanimljivi novi multiferoični materijali poput antiiferomagneta -TeVO₄, Cu₃TeO₆ ili obitelj R₂CuO₄ kod kojih je feroelektričnost posljedica promjene magnetskih svojstava odnosno magnetske simetrije u kristalu. U ovom diplomskom radu student će sudjelovati u utvrđivanju feroelektričnih svojstava odabranog multiferoičnog materijala na niskim temperaturama, na visokim električnim poljima i u primijenjenom magnetskom polju. Student će naučiti samostalno koristiti kriostat s tekućim helijem i dušikom za kontrolu temperature, biti obučan u osnovama rada i korištenja supravodljivih magneta, te prikupljati i analizirati podatke postavom za mjerenje statičke električne polarizacije Tower-Sawyer metodom. Dobiveni rezultati unaprijedit će naše razumijevanje uloge magnetskih faznih prijelaza u uspostavi feroelektriciteta egzotičnih novih materijala.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Milko Jakšić	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Otpornost na zračenje LGAD detektora	
<p>Nova klasa silicijskih detektora – Low gain avalanche diode (LGAD) specifična je: a) zbog svoje male debljine (oko 50 mikrometara) koja omogućuje generiranje vrlo kratkih signala, te b) zbog internog pojačanja signala (5-100 puta) koje omogućuje sigurnu detekciju MIP (minimum ionizing particles) čestica. Ta svojstva omogućuju LGAD detektorima postizanje superiornog vremenskog razlučivanja od svega nekoliko desetaka ps, te se stoga ti detektori planiraju za ugradnju u ATLAS i CMS detektore na CERN-u, a putem RD-50 kolaboracije. Za tu vrstu primjene, od velike važnosti je i otpornost detektora na zračenje. U sklopu diplomskog rada, serija LGAD detektora će biti ozračena snopom protona energija nekoliko MeV-a, a sa ciljem provjere ovisnosti degradacije detektora o dozama zračenja. Ozračeni detektori će biti karakterizirani pomoću alfa čestica iz Am-241 izvora, te pomoću IBIC (Ion beam induced charge) metode na ionskoj mikroprobi akceleratora Instituta Ruđer Bošković. Rezultati eksperimentalnih mjerenja će biti uspoređeni s postojećim podacima za ovisnost degradacije LGAD-a o dozama zračenja reaktorskim neutronima.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Pred. dr. sc. Katarina Jeličić	Institucija: pmf
Istraživanje učeničkog razumijevanja pojma liste i programskog koda liste u programskom jeziku Python	
<p>Cilj ovog diplomskog rada je istražiti moguće učeničke poteškoće u razumijevanju srednjoškolskog nastavnog sadržaja vezanog uz programiranje u programskom jeziku Python, područje: Liste. U istraživanju sudjeluju učenici srednjih škola prirodoslovno – matematičkih gimnazija koji pohađaju nastavu Informatike. U sklopu istraživanja učenici bi rješavali test o relevantnim pojmovima iz srednjoškolskog sadržaja o listama, te bi on uključivao slične zadatke koje učenici rješavaju i na satovima Informatike. Diplomand će analizirati rezultate testa i u svom radu opisati najčešće učeničke poteškoće koje učenici imaju s razumijevanjem listi u Pythonu. Rezultati ovog istraživanja mogu doprinijeti razvoju učinkovitijih metoda poučavanja programiranja u školama. U ovom istraživanju uvažavaju se norme i načela Etičkog kodeksa istraživanja s djecom te ono ima dozvolu Etičkog povjerenstva PMF-a.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Pred. dr. sc. Katarina Jeličić	Institucija: pmf
Utjecaj fizičkih praktikuma na učenje fizike	
<p>Kroz zadnje desetljeće, istraživanja iz edukacijske fizike ukazuju na to da uobičajeni praktikumi iz fizike koji su organizirani na način da služe za potkrjepljivanje fizikalnog sadržaja nakon predavanja, nemaju željeni učinak na znanje studenata. Standardne praktikumske vježbe zahtijevaju minimalnu kognitivnu aktivaciju studenata, te često ne produciraju željeni učinak. No s druge strane, kada se fizikalni praktikumi ne postavljaju kao klasične „kuharice“, nego se studentima pruži prilika da sami osmisle eksperiment, raspravljaju o njemu s kolegama i nastavnicima, izmjenjuju i unaprjeđuju svoj postav te na kraju i samostalno provedu eksperiment, tada je korist za studente veća. Cilj ovog diplomskog rada je predstaviti rezultate postojećih znanstvenih istraživanja koja su ispitala utjecaj standardnih fizikalnih praktikuma na studentsko znanje i razumijevanje fizike te prikazati kako oblikovati praktikumske zadatke koji potiču studente na aktivni proces učenja. U sklopu rada proveo bi se jedan preoblikovani praktikumski zadatak na kolegiju Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike i izvjestilo o procesu i mogućnostima provedbe jedne takve nestandardne praktikumske vježbe.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Vjedor Jeličić	Institucija: irb
Multifrekvencijska analiza Polarnog plamička	
<p>Polarni plamičak je vlaknasti molekularni oblak koji se nalazi na nebeskoj sferi u neposrednoj blizini sjevernog nebeskog pola. Sastoji se međuzvezdane prašine i plina te molekula, u najvećem dijelu molekula vodika. Ima relativno veliku gustoću i nisku temperaturu, ali ne pokazuje naznake procesa nastanka novih zvijezda u njemu. U diplomskom radu provest će se multifrekvencijska analiza "Polarnog plamička" kako bi se istražila međusobna povezanost različitih faza međuzvezdane tvari te magnetskog polja. Koristit će se polarimetrijska promatranja u radio, mikrovalnom i optičkom dijelu elektromagnetskog spektra, prikupljena radioteleskop LOFAR, satelitom Planck i 1.3m teleskopom Skinakas. Također će se koristiti i promatranja neutralnog vodika na 1.4 GHz radioteleskopom Effelsberg.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dario Jukić	Institucija: gra
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Detekcija prisustva i broja ljudi u elektromagnetskom polju	
<p>U ovom diplomskom radu istražiti će se mogućnost detekcije prisustva ljudi, kao i mogućnost određivanja broja ljudi u nekom prostoru, na temelju analize elektromagnetskog zračenja u promatranom okruženju. Elektromagnetsko zračenje, odnosno WiFi signal, može se zabilježiti putem jednog ili više detektora, pri čemu transmisija i detekcija signala ne zahtijeva aktivnu suradnju osoba (osobe ne moraju posjedovati vlastiti WiFi uređaj). Analiza detektiranog elektromagnetskog zračenja u prostoru može se napraviti metodama strojnog učenja, s ciljem da se utvrdi veza između raspodjele WiFi signala i prisustva ili čak točnog broja ljudi u otvorenom ili zatvorenom prostoru.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dario Jukić	Institucija: gra
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marinko Jablan	Institucija: pmf
Istraživanje anomalija u elektromagnetskom polju metodama strojnog učenja	
<p>U ovom diplomskom radu istražiti će se utjecaj jedne ili više osoba na raspodjelu elektromagnetskog zračenja u nekom prostoru, a koji se može tretirati i kao anomalija u nekom skupu podataka. Elektromagnetsko zračenje, odnosno WiFi signal, bilježi se putem jednog ili više detektora koji su raspoređeni u promatranom okruženju, pri čemu detektor u pravilu bilježi informaciju o snazi elektromagnetskog polja, odnosno amplitudu zračenja (informacija o fazi nije nužno dostupna). Za analizu ovako dobivenih podataka koristit će metode strojnog učenja razvijene ili korisne upravo za utvrđivanje različitih vrsta anomalija.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Krunoslav Juračić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Strukturna i optička svojstva tankih filmova prozirnih metalnih oksida pripremljenih metodom reaktivnog magnetronskog rasprašenja	
<p>Prozirni metalni oksidi kao što su cinkov oksid, titanijev dioksid, kositreni oksid i indij-kositreni oksid zbog dobrih optičkih i električnih svojstava imaju široku primjenu u senzozima, fotokatalizi, proizvodnji vodika, kao samočišćeće površine, u medicini kao antibakterijski materijal, te za fotonaponsku konverziju. U novoj generaciji solarnih ćelija baziranih na organskim bojama i perovskitima mezoporozni sloj TiO₂ velike specifične površine koristi se kao nosač aktivnog materijala. Tanki filmovi prozirnih metalnih oksida mogu se pripremiti različitim kemijskim i fizikalnim metodama kao npr. sol-gel, rotacijsko oblaganje, termalna oksidacija, pulsna laserska depozicija, magnetronsko rasprašenje. Metoda magnetronskog rasprašenja se zasniva na procesu bombardiranja mete (katode) pozitivnim ionima plazme radnog plina. Tako izbijeni atomi mete formiraju sloj materijala na podlozi postavljenoj nasuprot mete. Izborom materijala od kojeg je napravljena meta, ovom metodom se mogu pripremiti tanki filmovi metala, oksida, poluvodiča i keramika. U ovom radu metodom magnetronskog rasprašenja bit će pripremljeni tanki filmovi titanijevog dioksida. Parametri pripreme će biti optimizirani u svrhu dobivanja slojeva pogodnih optičkih i električnih svojstava za primjenu u solarnim ćelijama. Istražit će se utjecaj parametara depozicije na strukturu dobivenih slojeva, te optička svojstva. Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati s radom magnetronskog sustava za depoziciju tankih filmova, te metodama za karakterizaciju strukturnih, optičkih svojstava tankih filmova.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Krunoslav Juračić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Računalno modeliranje i optimizacija perovskitnih solarnih ćelija	
<p>Solarne ćelije su uređaji za izravnu pretvorbu sunčeve energije u električnu. Trenutno tržištem dominiraju solarne ćelije prve generacije bazirane na kristalnom i polikristalnom siliciju čija efikasnost dostiže 25%. Posljednjih godina istraživanja su usmjerena prema novoj generaciji solarnih ćelija temeljenih na novim materijalima. Među njima perovskitne solarne ćelije u vrlo kratkom roku su dosegle efikasnost od preko 20% što ih čini zanimljivom alternativom silicijskim solarnim ćelijama. Za potpunu komercijalizaciju potrebno je riješiti problem pripreme na velikoj skali, te stabilnosti tijekom izlaganja sunčevom svjetlu i atmosferilijama (vlaga). U perovskitnim solarnim ćelijama kao fotoaktivni sloj koristi se tanki film perovskita (najčešće metilamonijev olovov (II) jodid, MAPI te formamidinijev olovo (II) jodid, FAPI), dok su ostali slojevi u strukturi perovskitne solarne ćelije: prednja prozirna vodljiva elektroda (najčešće ITO ili FTO), sloj za vođenje elektrona (najčešće TiO₂), sloj za vođenje šupljina (SpiroOMeTAD) i stražnja elektroda (zlatu). U ovom radu bit će predstavljen teorijski model i računalni program kojim se može simulirati rad solarnih ćelija. Računalni program za zadani set parametara kojim se opisuju optička i električna svojstva svakog pojedinog sloja u strukturi solarne ćelije računa njen strujno-naponski odziv koji bi imala tijekom izlaganja sunčevom svjetlu u realnim uvjetima (IV karakteristika, spektralni odziv, efikasnost pretvorbe i sl.). Bit će analiziran utjecaj svojstava pojedinih slojeva (debljina, koeficijent apsorpcije, struktura elektronskih vrpca i sl.) na strujno-naponski odziv perovskitnih solarnih ćelija. Očekuje se da će se tako pokazati koji parametri imaju najveći utjecaj na svojstva perovskitnih solarnih ćelija, te bi se na njih trebalo obratiti pažnju prilikom eksperimentalne pripreme perovskitnih solarnih ćelija.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tajron Jurić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Spektralna teorija i primjena u kvantnoj fizici	
<p>Kvantna fizika je teorija koja opisuje fizikalne sisteme poput atoma i molekula, ali služi i kao okvir za proučavanje atomske jezgre, elementarnih čestica, pa čak i fizike zvijezda. U njenoj srži je Schrodingerova jednačba koja određuje dinamiku sistema te su sve fizikalno opservabilne veličine na ovaj ili onaj način povezane sa spektrom Schrodingerovog operatora. Schrodingerov operator je matematički gledano primjer linearnog hermitskog operatora na beskonačno dimenzionalnom separabilnom Hilbertovom prostoru (obično L^2) te se njegova svojstva i spektar mogu rigorozno proučavati unutar spektralne teorije. Spektralna teorija je grana funkcionalne analize koja se ugrubo govoreći bavi problemom generalizacije skupa svojstvenih vrijednosti operatora za slučaj beskonačno dimenzionalnih prostora. Ideja je pobliže istražiti kvantno-mehaničke opservable (kao npr. položaj X, impuls P ili hamiltonijan H) tj. neograničene hermitske linearne operatore na Hilbertovom prostoru u okviru spektralne teorije na matematički rigorozan način. Neki od najvažnijih rezultata spektralne teorije su klasifikacija spektra (npr. postojanje diskretnog i kontinuiranog) te spektralni teoremi. Spektralni teoremi su svojevrsan analogon relacija dobivenih formalnim manipulacijama korištenjem tzv. Diracove notacije (ili bra-ket formalizma). Naime, Diracova notacije je dobro definirana samo u konačno dimenzionalnim prostorima, dok u L^2 prostorima to postaju samo formalne manipulacije koje kombiniraju vezanja stanja i ne-kvadratno integrabilna stanja raspršenja. Za potpuno shvaćanje spektralnih teorema biti će potrebno usvojiti i neka osnovna znanja iz teorije mjere, funkcionalne analize i teorije distribucija. U diplomskom radu se uz revidiranje dobro poznatih sistema do sada viđenih na studiju planira i dublja analiza matematičkih temelja postulata kvantne mehanike, rigorozni pristup opisu stanja raspršenja u okviru opremljenog (eng. rigged) Hilbertovog prostora, funkcionalnih (Feynmanovih) integrala ili aksiomatike kvantne teorije polja.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tajron Jurić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Entropija crnih rupa: kvantni aspekti	
<p>Bekenstein i Hawking su u okviru semi-klasičnog pristupa gravitaciji uspjeli interpretirati površinu horizonta crne rupe kao entropiju. Prvobitni pokušaji razumjevanja porijekla entropije crnih rupa uglavnom su se svodila na izučavanje statističke mehanike upadajućih čestica ili polja, koristeći tzv. "brick wall" regulator koji uklanja ultraljubičaste divergencije. Nadalje, postoje mnoga istraživanja u kojima je Bekenstein-Hawkingova formula za entropiju crnih rupa izvedena pomoću razmatranja mikroskopske strukture gravitacije kao npr. teorije struna, kvantne geometrije, konformalne teorije polja, nekomutativna geometrija, itd. Sva ova istraživanja su potvrdila Bekenstein-Hawkingovu formulu kao vodeći član te predviđaju daljne logaritamske korekcije entropiji crne rupe. Zanimljivo je da čak i istraživanja koja koriste više-petljene račune u okviru nelokalne efektivne teorije gravitacija predviđaju logaritamske korekcije. Bekenstein-Hawkingova formula se također može dovesti u vezi i s tzv. entropijom ispreplitanja stupnjeva slobode unutar i van horizonta crne rupe. Ideja je da student napravi pregled najvažnijih pristupa računanju kvantnih korekcija entropije crne rupe i napravi detaljnu analizu barem jednog od njih na konkretnom primjeru.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tihomir Knežević	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Karakterizacija poluvodičkih elemenata u tehnologiji galij-nitrida (GaN)	
Elektronički elementi temeljeni na galij-nitridu (GaN), poluvodiču sa širokim zabranjenim pojasom, privlače veliku pozornost istraživačke zajednice jer omogućuju primjenu u aplikacijama koje zahtijevaju velike brzine rada, veliku snagu te rad u nepovoljnim uvjetima poput visoke temperature. Razvoj GaN poluvodičkih elemenata može osigurati smanjenje dimenzija elektroničkih sklopova i povećanje efikasnosti čime podupire buduća „zelena“ tehnološka rješenja. Naglasak na istraživanje stavljen je na tranzistore s visokom pokretljivošću elektrona (engl. high-electron mobility transistors – HEMT) gdje se koriste materijali poput AlGaIn-a i GaN-a koji stvaraju 2D elektronski plin (engl. 2D electron gas – 2DEG) na međuspoju AlGaIn/GaN. Količina nosilaca u elektronskom plinu određuje princip rada tranzistora te se razlikuju osiromašeni i obogaćeni tip tranzistora. Depozicijom različitih tipova materijala za upravljačku elektrodu, uvod i odvod mogu se podesiti električke karakteristike tranzistora i performanse rada poluvodičkih elemenata. Ultra-skalirani GaN HEMT-ovi nalaze veliku primjenu u bežičnim telekomunikacijama, radarima, senzorima i ispravljačkim jedinicama u automobilske industriji. U sklopu diplomskog rada napraviti će se električka karakterizacija poluvodičkih elemenata temeljenih na GaN-u poput HEMT-ova ili Schottky dioda. Poluvodički elementi će se karakterizirati strujno-naponskim i kapacitivno-naponskim mjerjenjima do krio-temperatura nižih od 100 K. Očekivano trajanje izrade diplomskog rada je do 3 mjeseca, te se provodi u poticajnoj atmosferi i međunarodnom okruženju korištenjem inovativnih metoda mjerenja na uređajima za poluvodičku karakterizaciju.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tihomir Knežević	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Utjecaj defekata na elektroluminiscenciju silicijskih dioda	
Elektroluminiscencija silicijskih dioda dizajniranih za rad u lavinskom području i detekciju jednog fotona vidljiva je u propusnoj i zapornoj polarizaciji. U zapornoj polarizaciji i lavinskom modu rada navedene diode mogu se iskoristiti kao svjetleće diode (engl. avalanche mode light emitting diode - AMLED). U sklopu diplomskog rada, provest će se detaljna opto-električka analiza utjecaja defekata na elektroluminiscenciju kod dioda koje rade u lavinskom području. Nisko-temperaturna karakterizacija napraviti će se opto-električkim i kapacitivno-naponskim mjerjenjima do krio-temperatura nižih od 100 K. Povezivanjem električkih i optičkih svojstava defekata AMLED elementa dobit će se dodatne informacije o svojstvima defekata potrebnim za svjetlosnu emisiju prilikom rada diode u području lavinske multiplikacije. Na ovaj način moći će se predložiti parametri potrebni za namjerno unošenje defekata koji bi doprinijeli efikasnijoj emisiji svjetlosti AMLED elemenata. Očekivano trajanje izrade diplomskog rada je do 3 mjeseca, te se provodi u poticajnoj atmosferi i međunarodnom okruženju korištenjem inovativnih metoda mjerenja na uređajima za poluvodičku karakterizaciju.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Magnetska svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(6+x)}$ monokristala	
Pojava visokotemperaturne supravodljivosti, VTS, pokazala se jednom vrlo interesantnom fizikalnom pojavom, za koju unatoč velikim naporima znanstvene zajednice u razumjevanju fizikalne pozadine same pojave ni nakon gotovo više od 30 godina istraživanja još uvijek nije nađeno cjelovito rješenje. Najveći problem u razumjevanju VTS predstavlja kompleksnost materijala, i vrlo složeni fazni dijagram. Tako u faznom dijagramu imamo prisutnost antiferomagnetske faze za koncentracije kisika $X=0$ te s povećanjem koncentracije kisika uz magnetsko uređenje javlja se supravodljiva faza, jaka elektronska međudjelovanja, pojava tzv. pseudoprocijepa, iščezavanje pseudo potencijala s maksimalnom temperaturom supravodljivog prijelaza, T_c , da bi na kraju povećanje koncentracije kisika $X=1$ dovelo do sniženja T_c . U okviru rada student će istražiti na jednoj koncentraciji kisika odabranog kristala utjecaj uređenja kisika na magnetska i supravodljiva svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(6+x)}$ ($0.30 < x < 0.7$) monokristala i upoznati tehnike sinteze $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(6+x)}$ monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K i magnetskim poljima do 5 T.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Magnetizacija Diracovog polumetala TaNiTe5	
<p>Topološki Diracov polumetal TaNiTe5 posjeduje topološku fazu materije s linearnom disperzijom vrpce u 3D prostoru impulsa. U 3D topološkim polumetalima, vodljiva i valentna vrpca se presjeca u diskretnim (Diracovim) točkama, linijama i petljama u Brillouinovoj zoni te može posjedovati linearnu disperziju u svim smjerovima prostora impulsa. Kristalna struktura TaNiTe5 je ortorombska slojevita struktura s parametrima rešetke $a = 3,659 \text{ \AA}$, $b = 13,122 \text{ \AA}$, $c = 15,111 \text{ \AA}$ i pripada prostornoj skupini Cmc₂m (br. 63). Trigonalni lanci NiTe2 raspoređeni su duž kristalografske a osi i čine kvazi-dvodimenzionalni sloj preko vezujućih lanaca atoma Ta duž c osi, slojevi se slažu duž b osi. TaNiTe5 je prvi put sintetiziran 1989. godine i objavljeno je da je paramagnetski metal. Nedavno je teoretski predviđeno da TaNiTe5 pripada skupini 2D polumetala, i eksperimentalno pokazano da je diamagnet. Sintetizirani su visokokvalitetni TaNiTe5 monokristali. U okviru predloženog rada student će se upoznati sa sintezom i tehnikama mjerenja magnetskih svojstava Diracovog polumetala TaNiTe5 i izvršiti mjerenja magnetskih svojstava monokristala. Parametri Fermijeve plohe će se odrediti iz rezultata mjerenja kvantnih oscilacija u magnetizaciji TaNiTe5 monokristala.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Marko Kralj	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Mikroskopija i spektroskopija bliskog polja	
<p>Nano-strukture i atomski tanki (2D) materijali imaju zanimljiva optička i elektronska svojstva. Osim toga, zbog svoje nanometarske veličine, poželjni su u trendu smanjivanja funkcionalnih komponenti u uređajima te su stoga idealni su za razvoj primjena u elektronici i fotonici. Karakterizacija, razumijevanje i ciljani inženjering svojstava takvih materijala, zahtijevaju napredne mikroskopske tehnike, koje ne služe samo za oslikavanje dimenzija, već daju informacije o kemijskom sastavu, strukturi, optičkom odgovoru i električnoj vodljivosti. Jedna od naprednih metoda za karakterizaciju na nano-skali je pretražna optička mikroskopija bliskog polja (SNOM), koja se temelji na fokusiranju laserske svjetlosti na područje na uzorku puno manjem nego što je valna duljina svjetlosti. Time se prevladava rezolucijski limit klasične optičke mikroskopije i vezanih spektroskopija. Jedna od izvedenica SNOM tehnike, sSNOM, je ona u kojoj se svjetlost fokusira na vrlo oštri šiljak pretražnog mikroskopije atomske sile (AFM) u blizini površine uzorka. Na AFM šiljku dolazi do znatnog pojačanja elektromagnetskog polja na području od nekoliko nanometara, što daje bogate mikroskopske i spektroskopske mogućnosti na nano-skali. Te mogućnosti ovise o valnoj duljini kontinuirane ili pulsne upadne svjetlosti. U ovom radu koristit će se novi sSNOM uređaj na Institutu za fiziku za analizu novih 2D materijala i heterostruktura, s posebnim naglaskom na primjenu infracrvene spektroskopije Fourierovom transformacijom na nano-skali (nano-FTIR). Ova metoda od šireg je značaja i za istraživanje organskih spojeva, polimera, bio-materijala i meke materije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nikša Krstulović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Laserska sinteza dvokomponentnih nanočestica u tekućinama za primjene u fotokatalizi	
<p>Nanočestice se danas koriste na površinama i u volumenima kao funkcionalni elementi (npr. za unaprijeđenje učinkovitosti pohranjivanja energije), te kao bioaktivno sredstvo u biološkim mikro- i nano-sustavima (kao biomarkeri, u terapijske svrhe, za dostavu aktivnog sredstva u stanice, za dijagnostiku) te kao agenti koji pospješuju proces fotokatalize u tekućinama. Učinkovitost primjene i razvoja ove klase materijala uvelike ovisi o čistoći samih nanočestica. Za razliku od klasičnih načina sinteze nanočestica (putem kemijskih metoda gdje je problem prisutnosti nečistoća koje dolaze od prekursora kemijskih reakcija i raznih aditiva, ili putem kondenzacije u plinskim fazama gdje je čest problem agregacije u mikroobjekte i slabe raspršenosti) laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica velike čistoće (nanočestice se sastoje samo od materijala mete). Laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica širokog spektra materijala (metali, polimeri, keramika, poluvodiči, slitine) što nije slučaj s klasičnim tehnikama. Nadalje, prednost je također što je eksperimentalni postav vrlo jednostavan, dok se sintetizirane nanočestice mogu dodatno tretirati laserskim pulsevima čime se postiže veća raspršenost u otopini, veća stabilnost, manja i uža raspodjela po veličinama, itd. U ovome radu naglasak će biti na metalnim oksidima i dvokomponentnim nanočesticama (mješavina dva metala ili poluvodiča), gdje će se dvokomponentne nanočestice sintetizirati pomoću istovremene ablacije dvije mete uronjene u tekućinu. Mete za dobivanje nanočestica za fotokatalizu također će se proizvoditi pomoću pulsne laserske depozicije. Karakterizacije će se vršiti pomoću klasične fotoapsorpcije u UV-VIS dijelu spektra, istaloženih filmova tehnikom refleksije X-zraka, po potrebi Raman spektroskopijom i fotoapsorpcijom X-zraka. Također će se uzorci karakterizirati optičkim mikroskopom, mikroskopom atomskih sila (AFM) kao i transmisijskim i skenirajućim elektronskim mikroskopom (TEM i SEM). Fotokataliza će se testirati na organskim otopinama pomoću vidljive i UV svjetlosti.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Optička svojstva Diracovih polumetala	
<p>Disperzije vodljivih elektrona u Diracovim polumetalima mogu se opisati s anizotropnim 3D Diracovim modelom s konačnom Diracovom masom. U ovom radu će se teorijski istražiti optička svojstva ovakvih sustava. Prvo će se reizvesti izraz za dinamičku vodljivost u aproksimaciji relaksacijskog vremena. Ispitat će se ponašanje realnog i imaginarnog dijela te funkcije za tipične vrijednosti parametara modela. Nakon toga će se istražiti promjene u dinamičkoj vodljivosti do kojih dolazi kada se mjera relaksacije zamijeni s memorijskom funkcijom. Ponovno će se izračunati realni i imaginarni dio vodljivosti. Dobiveni rezultati će se usporediti s eksperimentalnim zapažanjima.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Karlo Lelas	Institucija: ttf
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	Institucija: pmf
Gušeni harmonijski oscilator: najbrži povratak u ravnotežno stanje	
<p>Opće je poznato da se rješenja gušenog harmonijskog oscilatora asimptotski približavaju ravnotežnom stanju, tj. stanju energije nula, a da ga nikada ne dosegnu egzaktno te da se rješenje kritičnog režima približava ravnotežnom stanju brže od podkritičnog ili nadkritičnog rješenja. Eksperimentalno, sustavi opisani ovim modelom postižu stanje ravnoteže koje nije egzaktno stanje energije nula, već stanje u kojem je energija sustava pala ispod nekog praga koji odgovara energetske rezoluciji mjernog uređaja. Pokazat ćemo da se uvijek može pronaći jedinstveno optimalno rješenje u podkritičnom režimu koje će dosegnuti ovaj energetski prag prije nego sva druga podkritična rješenja i prije nego kritično rješenje. Također, komentirat ćemo iznimku od ovoga za određeni tip početnih uvjeta, kada jedno specifično nadkritično rješenje dostiže ravnotežno stanje brže nego sva druga rješenja. Numerički ćemo odrediti krivulje iz kojih je moguće iščitati optimalni koeficijent gušenja za kojeg gušeni harmonijski oscilator u najkraćem vremenu dolazi do nekog unaprijed zadanog energijskog praga, odnosno za kojeg se u eksperimentu efektivno najbrže vraća u ravnotežno stanje.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Ivor Lončarić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Strojno učenje u fizici materijala na podacima različite točnosti	
<p>Fizika čvrstog stanja do sada je uglavnom nastojala pružiti objašnjenja za svojstva i fenomene materijala pripremljenih i karakteriziranih u laboratoriju. S razvojem računala i teorija koje dobro predviđaju svojstva materijala poput teorije funkcionala gustoće, postalo je moguće modelirati i materijale koji do sada nisu sintetizirani ili nisu eksperimentalno karakterizirani. S nedavnim razvojem strojnog učenja te spomenutim metodama koje predviđaju svojstva materijala, može se početi misliti o ciljanom dizajnu materijala sa željenim svojstvima. Precizni podaci su obično ili rijetki ili računalno teški za generiranje, dok određene aproksimacije omogućavaju relativno jeftino generiranje dodatnih podataka. Strojno učenje na podacima različite točnosti može dostići točnost malobrojnih podataka uz učenje na podacima i manje točnosti. U diplomskom radu, izvršit će se strojno učenje na podacima različite točnosti dobivenih pomoću teorije funkcionala gustoće kako bi se napravio model koji brže a točno simulira određena svojstva materijala. Publikacije: https://scholar.google.hr/citations?user=MLxejsUAAAAJ&hl=en CV mentora: http://tp2.irb.hr/wp-content/uploads/2021/12/cv_ivor.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Marija Majer	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Odziv termoluminiscentnih dozimetara 7LiF:Mg,Ti (TLD-700) u ionskim snopovima	
<p>Dozimetrija zračenja bavi se mjerenjem i/ili računanjem doze tj. energije koja se apsorbira u ozračenju masi materijala. Luminiscentni dozimetri napravljeni su od materijala u kojima ozračivanjem nastaju stabilni luminiscentni centri. Davanjem odgovarajuće stimulacije dolazi do luminiscencije i intenzitet emitiranih fotona (odziv) povezuje se s dozom. Ako se luminiscencija stimulira grijanjem ozračenih dozimetara, govorimo o termoluminiscentnim (TL) dozimetrima. TL dozimetri su dobro istraženi u fotonskim poljima, pouzdani su i prikladni za mnoge primjene te se često koriste za mjerenja fotonskih doza u osobnoj dozimetriji, okolišu i medicini. Aktualno pitanje je mogu li se i kako koristiti za dozimetrijska mjerenja u kompliciranijim poljima zračenja (različite energije i vrste zračenja), npr. za dozimetriju u svemiru ili u radioterapiji ionskim snopovima. Student/ica će se upoznati s TL dozimetrijskom metodom te vrstama TL dozimetara i njihovim svojstvima te načinom mjerenja doze. U eksperimentalnom dijelu koristit će se TL dozimetri na bazi LiF s primjesama Mg i Ti (TLD-700). Cilj je proučiti njihov odziv u snopovima lakih iona, usporediti ga s odzivom u referentnom polju gama zračenja te izračunati TL-učinkovitost za korištene ione u odnosu na referentno gama zračenje. Priprema dozimetara, zračenja te mjerenja TL-signala (odziva) radit će se na Institutu Ruđer Bošković.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Blaženka Melić	Institucija: irb
Sumacijska pravila za računanje neperturbativnih veličina u kvantnoj kromodinamici	
<p>U ovom diplomskom radu student će se upoznati s osnovama neperturbativnog QCDja, prvenstveno njegove neperturbativne strukture u vidu kondenzata, te mogućnošću povezivanja te kvark-gluonske strane QCDja s realnim česticama u vidu QCD sumacijskih pravila, tzv. SVZ sumacijskih pravila koja omogućavaju izračun neperturbativnih veličina, kao što su konstante raspada ili funkcije strukture u raspodjeli teških čestica koristeći optički teorem i disperzione relacije. SVZ sumacijska pravila su, uz račun na rešetci koji je još vrlo limitiran, jedini način da saznamo nešto o neperturbativnoj strukturi raspada čestica u QCDju. Ideja diplomskog rada je izračunati konstantu raspada B mezona korištenjem sumacijskih pravila te usporedba s eksperimentalnim rezultatima kao i s računom na rešetci. Ukoliko bude vremena, koncept sumacijskih pravila se može proširiti na problem testiranja kvark-hadronske dualnosti. Literatura: • P. Colangelo and A. Khodjamirian, QCD sum rules, A modern perspective, https://arxiv.org/pdf/hep-ph/0010175.pdf • R. Hofmann, Operator Product Expansion and Quark-Hadron Duality: Facts and Riddles, https://arxiv.org/pdf/hep-ph/0312130.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Blaženka Melić	Institucija: irb
Efektivne teorije kao praktičan alat moderne fizike čestica	
<p>Efektivne teorije (EFT) su vodeći princip razmatranja fizikalnih fenomena kada imamo nekoliko razdvojenih skalara u problemu. Tada se konzistentnim razvojem ili po maloj skali ili po velikoj skali u problemu, može izdvojiti relevantni dio fizike. Da bi se povezala originalna teorija s EFT koristi se evolucija renormalizacijske grupe i tzv. matching obje teorije. Primjene EFT su bezbrojne, od nerelativističkog QCD-a (NRQCD), kiralne perturbacione teorije (ChPT), efektivne teorije teških kvarkova (HQET) do efektivnih teorija u gravitaciji i kozmologiji. Ideja diplomskog rada je u prvom dijelu upoznati se s osnovnim principima efektivnih teorija (dimenzionalna analiza, renormalizacija, matching, OPE...) na primjeru toy-modela. U drugom dijelu student može napraviti izbor – a) primjenu na skalarnu lako-tešku teoriju direktnim izračunom i provjerom u postojećim programima za EFT račune, kao što je Matchmakereft ili – b) da se usvojeni principi primjene u efektivnoj teoriji za teške kvarkove (HQET), te da se napravi izračun širine raspada B-mezona, s uključenim doprinosom prve korekcije u raspadu, doprinosom dimenzije 5, u HQETu. Literatura: • M. Neubert, Les Houches Lectures on Renormalization Theory and Effective Field Theories, arXiv: 1901.06573 • A. Manohar, Introduction to Effective Field Theories, arXiv: 1804.05863 • Matchmakereft, https://arxiv.org/pdf/2112.10787.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Maja Mičetić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Novi materijali građeni od 3D mreža poluvodičkih kvantnih struktura	
<p>Materijali bazirani na prostorno uređenim nanočesticama i kvantnim točkama iznimno su zanimljivi zbog posebnih svojstava i velikih mogućnosti primjene u nanotehnologiji. Naša grupa se bavi istraživanjem novih materijala građeni od poluvodičkih kvantnih točaka i kvantnih žica koje nastaju procesom samouređujućeg rasta. Tema diplomskog rada je priprava jednog takvog materijala metodom magnetronskog rasprašenja, opis njegove strukture metodom GISAXS (grazing incidence small angle x-ray scattering), te mjerenja njegovih osnovnih električnih i optičkih svojstava važnih za primjenu. U okviru teme bi se istražila serija (3-5 uzoraka) tankih filmova sastavljenih od 3D mreža jezgra/ljuska kvantnih točaka ili kvantnih žica u amorfnoj dielektričnoj matrici, gdje bi se varirali uvjeti depozicije (temperatura, debljina slojeva ili volumni udio poluvodičkih materijala). Istražila bi se ovisnosti oblika, veličine i prostornog rasporeda nastalih kvantnih struktura o uvjetima pripreme, te ovisnost električnih i optičkih svojstava materijala o njegovoj strukturi. Svi uređaji za pripremu materijala i analizu svojstava dostupni su u našem laboratoriju. Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=242416</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Maja Mičetić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Priprava senzora i solarnih ćelija baziranih na Ge/metal jezgra/ljuska kvantnim točkama	
<p>Materijali bazirani na poluvodičkim kvantnim točkama i nanožicama interesantni su za primjenu u iskorištavanju svjetlosne energije. Naša grupa trenutno istražuje primjenu tih materijala u sensorima i solarnim ćelijama baziranim na kvantnim točkama. Tema diplomskog rada je dizajn i priprava jedne serije takvih senzora ili solarnih ćelija korištenjem gore navedenih materijala, te karakterizacija njihovih svojstava. U tu svrhu bi se varirao jedan strukturni parameter materijala baziranog na kvantnim točkama. U okviru teme bi se izradila serija 3-5 materijala metodom magnetronskog rasprašenja, gdje bi se varirao jedan njihov parameter (materijal i debljina ljuske, te veličina jezge). Također bi se izradili senzori i solarne ćelije korištenjem istog materijala kao aktivnog sloja. Istražila bi se ovisnost operativnih svojstava solarnih ćelija i senzora o strukturnim svojstvima pripremljenih materijala. Svi uređaji potrebni za mjerenja su dostupni u našem laboratoriju. Cilj je ispitati podobnost korištenog materijala za primjenu u solarnim ćelijama i senzora te odrediti utjecaj variranog parametra na njihova operativna svojstva. Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na https://www.bib.irb.hr/profile/17972</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Vesna Mikšić Trontl	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Istraživanje slitina visoke entropije fotoemisijskom spektroskopijom	
<p>Velika ekspanzija istraživanja kemijski kompleksnih slitina kao što su približno ekvimolarne, višekomponentne slitine visoke entropije (high entropy alloys-HEA) doveli su ove sustave u fokus istraživanja u znanosti o materijalima. U zadnje je vrijeme otkriveno nekoliko slitina s izvrsnim mehaničkim svojstvima na niskim i visokim temperaturama kao i dobrom otpornosti na oksidaciju i zračenje. Također, otkriveni su neki intrigantni fenomeni uključujući Kondo efekt, supravodljivost, bozonski vrh itd. Podešavanjem koncentracija ili sastava konstituenata HEA, moguće je mijenjati njihova svojstva. Iako su otkrivena brojna atraktivna svojstva ovih slitina, fundamentalno razumijevanje je još uvijek nedostavno za dizajniranje HEA ciljanih svojstava. Glavna zapreka tome vjerojatno je nedostatak detaljnog uvida u njihovu elektronsku strukturu koja u metalnim sustavima određuje sva intrinzična svojstva. Posljednjih godina na Institutu za fiziku, provode se istraživanja HEA fotoelektronskom spektroskopijom (npr. [1, [2, [3]), metodom koja daje direktan uvid u elektronsku strukturu materijala. U okviru ovog diplomskog rada, student će se detaljno upoznati s tehnikom fotoelektronske spektroskopije. Stečeno znanje će primijeniti na istraživanje elektronske strukture HEA prijelaznih metala. Ovisno o interesima studenta, ovaj diplomski rad može kasnije voditi na izradu doktorske disertacije s temom koja bi bila usmjerena na istraživanje ultrabrze dinamike elektrona metodom vremenski razlučive fotoelektronske spektroskopije. [1 Petar Pervan, Vesna Mikšić Trontl, Ignacio Alejandro Figueroa, Tonica Valla, Ivo Pletikosić and Emil Babić; Compositionally complex alloys: some insights from photoemission spectroscopy // na recenziji u Materials [2 Babić, Emil; Drobac, Duro; Figueroa, Ignacio Alejandro; Laurent-Brocq, Mathilde; Marohnić, Željko; Mikšić Trontl, Vesna; Pajić, Damir; Perriere, Lo c; Pervan, Petar; Remenyi, Gyorgy; Ristić, Ramir; Salcinović Fetić, Amra; Staresinić, Damir; Zadro, Kreso; Transition from High-Entropy to Conventional Alloys: Which Are Better? // Materials 14 (2021), 19 [3 Marko Kuveždić, Emil Tafra, Mario Basletić, Ramir Ristić, Petar Pervan, Vesna Mikšić Trontl, Ignacio A. Figueroa, Emil Babić; Change of electronic properties on transition from high-entropy to Ni-rich (TiZrNbCu) 1-x Ni x alloys // Journal of Non-Crystalline Solids 531 (2020) 119865</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Tamara Nikšić	Institucija: pmf
Modeli nuklearne strukture zasnovani na teoriji energijskog funkcionala gustoće	
<p>Teorija energijskog funkcionala gustoće predstavlja temelj velikog dijela modela u nuklearnoj fizici. Osim optimizacije parametara samog funkcionala, za precizan opis strukture atomske jezgre potrebno je koristiti razne modele koji predstavljaju nadogradnju srednjeg polja pogodnog za opis osnovnog stanja jezgre. Npr, za opis malih oscilacija atomske jezgre može se koristiti kvazičestični model slučajnih faza ili metodu konačnih amplituda, dok se za opis fluktuacija velikih amplituda može koristiti metoda generatorskih koordinata. U predloženom radu će se neki od postojećih modela strukture atomske jezgre primijeniti na opis svojstava koje su trenutno u fokusu eksperimentalnih istraživanja, a postoji mogućnost i manjih nadogradnji i unaprijeđenja modela.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ivan Nišandžić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Elektroslabe interakcije u efektivnoj teoriji polja	
<p>Efektivna teorija polja je okvir za sustavno poboljšanje kontrole nad relevantnim teorijskim stupnjevima slobode polja u prisutnosti velikog omjera fizikalnih skala. Diplomski rad ima za cilj detaljno ilustrirati ideje i metode perturbativnih teorija efektivnog polja na primjeru efektivne interakcije četiri kvarka koja je posredovana elektroslabom interakcijom. Planirano je da student odredi spajanje (eng. matching) četverokvarkovog interakcije s punim standardnim modelom na redu jedne petlje u kvantnoj kromodinamici. Nakon toga je potrebno upotrijebiti renormalizacijsku grupu za zbrajanje velikih logaritama, što rezultira niskoenergetskim Wilsonovim koeficijentima. Ovaj bi problem trebao pomoći studentu da stekne određeno iskustvo s idejama i tehnikama efektivne teorije polja. Nekoliko pedagoških pregleda odgovarajućih metoda dostupno je studentima, što uključuje odabrana poglavlja dolje navedenih referenci [1,2,3,4]. [1] A. Manohar, arXiv: 1804.05863 [2] T. Cohen, arXiv: 1903.03622 [3] I. Rothstein, arXiv:030826 [4] M. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model, 2014, Cambridge University Press</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Metode otkrivanja mikrovoltnih elektrofizioloških potencijala srčanog mišića	
<p>Kasni ventrikularni potencijali (KVP) su nisko-amplitudni, visoko-frekventni signali koji se javljaju nakon QRS kompleksa u elektrokardiogramu (EKG). KVP-i su povezani s povećanim rizikom od iznenadne srčane smrti, a njihovo otkrivanje je teško zbog izobilja šumu u EKG-u. Algoritmi za otkrivanje KVP-a obično uključuju napredne tehnike iz obrade signala. Standardni algoritmi za otkrivanje KVP-a uključuju usrednjavanje velikog broja QRS kompleksa zajedno s ST spojnica. Drugi algoritmi uključuju upotrebu raznih transformacija i neuronskih mreža kako bi se otkrili mikrovoltažni potencijali. Cilj ovog rada je usporediti nekoliko tehnika za otkrivanje KVP te ponuditi njihovu implementaciju koristeći Neurokit2 paket u Pythonu. Od pristupnika se očekuje vještina programiranja u Pythonu te dobro poznavanje MMF-a i samih osnova strojnog učenja.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike i informatike</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Modeliranje biofizike srčanog mišića	
<p>Modeli srčanog mišića su važni jer omogućuju bolje razumijevanje fizioloških procesa, ali i pružaju način za simulaciju i predviđanje srčanih funkcija u svrhe medicinske dijagnostike i terapije. Cilj ovog rada je predstaviti osnovne modele srčanog mišića koji se baziraju na bielektričnim svojstvima pobudljivih stanica kao što su kardiomiociti i neuroni. Osim samih modela, razmatrat će se i najvažnije numeričke tehnike korištene u prostornoj i vremenskoj diskretizaciji monodomenskih i bidomenskih srčanih modela. Od pristupnika se očekuje izvrsno poznavanje matematičkih metoda fizike te dobro poznavanje klasične elektrodinamike. Ovaj rad uključuje i praktični dio za koju je potrebno poznavanje osnova Pythona.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Primjena modela iz računarke fizike za simulacije kondenzacije u bateriji	
<p>Modeli iz računarke fizike, a pogotovo CFD (engl. Computational Fluid Dynamics) simulacije se koriste za modeliranje i analizu kondenzacije fluida u baterijama. Takve simulacije su potrebne u svrhu razumijevanje utjecaja različitih faktora (temperature, vlage, brzine protoka zraka, itd) na performanse baterije tijekom različitih uvjeta rada. Cilj ovog diplomskog je izvesti i usporediti modele kondenzacije dostupne u CFD programskom paketu Star-CCM+, počevši od analize dostupnih modela i izvođenja jednadžbi koje omogućuju simuliranje kondenzacije. Uz simulacije, provest će se i validacije odabranih modela koristeći dostupne eksperimentalne podatke iz literature. Od pristupnika se očekuje izvrsno poznavanje matematičkih metoda fizike te interes za parcijalne diferencijalne jednadžbe koje opisuju dinamiku fluida kao što je Navier-Stokesova jednadžba. Ovaj rad uključuje i praktični dio za koju je potrebno poznavanje osnova programiranja.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Sinteza izostrukturalnih spojeva EuMnBi₂ i YbMnBi₂	
<p>Tijekom rada na ponuđenoj temi diplomskog rada student će se upoznati s postupcima sinteze spojeva na bazi Eu i Yb. Cilj rada je sintetizirati monokristalne uzorke EuMnBi₂ i YbMnBi₂ visoke kvalitete te ih strukturno i transportno karakterizirati. Tijekom rada na diplomskom radu student će se upoznati s fluks-metodom sinteze, karakterizacijom putem rendgenske difrakcije, XRF-elementarne analize te niskotemperaturnih transportnih mjerenja. Spojevi EuMnBi₂ i YbMnBi₂ pokazuju izrazito zanimljiva fizikalna svojstva zbog 2d vodljive ravnine Bi. EuMnBi₂ je Diracov polumetal dok se za YbMnBi₂ vjeruje da je Weyl polumetal.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Formiranje vala gustoće naboja u dihalcogenidima prijelaznih metala	
<p>Posljednjih godina veliki broj teorijskih i eksperimentalnih istraživanja pokušalo je dati odgovor na pitanje koji je uzrok formiranju vala gustoće naboja (eng. charge density wave ili CDW) u trodimenzionalnim i dvodimenzionalnim dihalcogenidima prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides ili TMD). Fokus je uglavnom bio na metalnim TMD-ovima gdje dobar dio radova upućuje na poveznicu između elektron-fonon vezanja i pojave CDW faze. Nakon takvih saznanja postavlja se pitanje o mogućnosti formiranja CDW-a u poluvodičkim TMD-ovima, gdje isto dolazi do mekšanja fononskih modova uslijed dopiranja (pa tako i do strukturalne nestabilnosti) i gdje je elektron-fonon vezanje vrlo značajno. Recentna STM mjerenja ukazuju na moguće formiranje 2x2 ćelije s pomaknutim atomima u kalij interkaliranom MoS₂, no pripadni mikroskopski mehanizmi nisu istraženi. Koristeći se teorijom funkcionala gustoće istražit će se utjecaj CDW-a na elektronske vrpce i fononske energije u dopiranim poluvodičkim TMD-ovima. Preliminarni rezultati pokazuju vrlo jako mekšanje akustičkih fonona u M točki Brillouin zone te jasnu tendenciju sustava da promjeni strukturnu fazu u 2x2 ćeliju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Dielektrična svojstva i plazmoni u dopiranom stroncijevom titanatu (SrTiO₃) iz prvih principa	
<p>Iako je otkriveno prije mnogo godina, supravodljivo stanje u dopiranom stroncij titanatu (SrTiO₃) i dalje je nerazjašnjeno te okupira mnoge znanstvenike iz raznih područja čvrstog stanja i znanosti o materijalima. Kroz godine, kao mehanizam sparivanja parova često se spominju neadijabatske interakcije polarnih fonona i elektrona, gdje također dinamičko zasjenjenje i plazmoni igraju potencijalno važnu ulogu. Cilj je ovdje istražiti dielektrična svojstva te plazmonska pobuđenja za razna dopiranja u SrTiO₃ pomoću teorije funkcionala gustoće. Zaključci ovog rada poslužili bi kao podloga u razumijevanju dinamičkog zasjenjenja, međugre polarnih fonona, elektrona i plazmona, te nekonvencionalnog supravodljivog stanja u SrTiO₃.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Nikolina Novosel	Institucija: ifs
Magnetska svojstva odabranog manganita	
<p>Oksidi mangana ili manganiti privlače pažnju znanstvene zajednice zbog svojstva kolosalnog magnetootpora – velike promjene u vodljivosti inducirane vanjskim magnetskim poljem. Pojava kolosalnog magnetootpora usko je vezana uz feromagnetsku metalnu fazu ovih materijala. No, za potpuno razumijevanje pojave kolosalnog magnetootpora potrebno je istražiti i antiferomagnetsku izolatorsku fazu, kao i prijelaze između faza u prisustvu vanjskog magnetskog polja. Naša grupa na Institutu za fiziku provodi sveobuhvatna istraživanja transportnih i magnetskih svojstava tankih filmova i keramičkih uzoraka manganita La_{1-x}CaxMnO₃ te keramičkih uzoraka srodnog manganita Ca_{1-x}GdxMnO₃. U okviru ovog diplomskog rada student/ica će se uključiti u istraživanje magnetskih svojstava odabranog manganita. U tu svrhu provest će se mjerenja dc magnetizacije i ac magnetske susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi i primijenjenom magnetskom polju. Student/ica će se radom u našim laboratorijima upoznati s tehnikama mjerenja u fizici kondenzirane materije na niskim temperaturama i u velikim magnetskim poljima.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: učinak staklenika	
<p>Jedan od glavnih izazova današnjice su klimatske promjene. Tema klimatske promjene nije adekvatno uključena u postojećim kurikulumima fizike i drugih prirodoslovnih predmeta u osnovnoj i srednjoj školi. U okviru ovog rada kroz niz primjera prikazali bi mogućnosti integracije ove teme u okviru postojećih kurikuluma. Razmotrila bi se i opcija razvoja novih međupredmetnih sadržaja temeljno baziranih na fizikalnom razumijevanju procesa u prirodi.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Upotreba mikrokontrolera u nastavi fizike	
<p>Mikrokontroleri omogućavaju široku primjenu u nastavi fizike. U ovom radu ćemo dati pregled što mikrokontroleri donose u nastavu posebice u kontekstu istraživački orijentirane i projektne nastave. Kroz primjere ćemo prikazati njihovu upotrebu u okviru pojedinih tema iz kurikuluma. https://www.allnet.de/en/allnet-brand/produkte/arduino-sets/p/allnet-4duino-starter-kit-light-uno-r3/</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Upotreba micro:bit uređaja u konstrukciji mjernog instrumenta	
<p>Za eksperimentalno razumijevanje fizikalnih procesa u nastavi fizike potrebno je što više kvantitativnih mjerenja fizikalnih varijabli. Financijski povoljno rješenje je upotreba mikrokontrolera kao što je micro:bit s vanjskim senzorima. Iako su takva mjerenja često manje precizna od skupljih instrumenata koji se koriste u nastavi, samim sudjelovanjem u konstrukciji i kalibraciji instrumenta učenici mogu steći šira znanja i izvan okvira same fizikalne teme. U ovom radu ćemo na odabranim primjerima pokazati neke od mogućnosti ovakvog pristupa.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: termodinamika leda	
<p>Jedan od glavnih izazova današnjice su klimatske promjene. Tema klimatske promjene nije adekvatno uključena u postojećim kurikulumima fizike i drugih prirodoslovnih predmeta u osnovnoj i srednjoj školi. U okviru ovog rada ćemo na tematici vezanoj uz termodinamiku leda prikazati mogućnosti integracije ove teme u okviru postojećih kurikuluma.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Nuklearne reakcije uhvata neutrona od značaja za sintezu elemenata u svemiru	
<p>U okviru ove teme predviđen je teorijski opis nuklearnih reakcija uhvata neutrona koje se odvijaju tijekom evolucije supernove tipa IIa, kao i u sudarima neutronske zvijezde i igraju značajnu ulogu u sintezi kemijskih elemenata u r-procesu. Istraživanja uključuju razmatranje teorijskog formalizma za opis (n, gamma) reakcija, i primjena postojećih alata za modeliranje udarnih presjeka, kao i njihov izračun u uvjetima konačne temperature tijekom različitih faza evolucije zvijezda. Istražit će se ovisnost udarnih presjeka o različitim nuklearnim svojstvima uključenim u modelu, primjerice energijama vezanja, gustoći stanja, spektru pobuđenih stanja, itd. Razmotrit će se učinci konačne temperature. Koristeći izračunate udarne presjeke, odredit će se stope reakcija u uvjetima konačne temperature, i razmotrit će se mogućnosti njihovog uključivanja u modeliranje r-procesa. Teorijski opis ovakvih procesa zahtijeva numeričku implementaciju, pa je predviđeno korištenje naprednijih numeričkih metoda i klaster računala na Fizičkom odsjeku u proračunima. Ova tema je prikladna za izradu više diplomskih radova.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetsko ponašanje multiferoičnih oksida $YMn(1-x)Ti_xO_3$	
<p>$YMnO$ jedan je od prvih multiferoičnika na kojem su obavljena mnoga istraživanja i poznat mu je mehanizam antiferomagnetskog i feroelektričnog uređenja. Radi promjene magnetskih i električnih svojstava sintetiziran je niz u kojem je dio manganovih iona zamijenjen titanijevim. Student će sudjelovati u magnetskim mjerenjima, analizirati rezultate, te napisati raspravu i staviti je u kontekst drugih suvremenih istraživanja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Istraživanje magnetskih svojstava materijala pomoću preciznih magnetometara	
<p>Za istraživanje magnetskih svojstava materijala koriste se različiti magnetometri. Student će se upoznati sa konstrukcijom i načinom rada današnjih najčešćih izvedbi magnetometara, kao što su SQUID magnetometar i magnetometar s vibrirajućim uzorkom. U Laboratoriju za istraživanje magnetskih i električnih pojava provest će neka osnovna mjerenja na odabranim magnetskim materijalima koje trenutno istražujemo (mješovitim oksidima metala ili metaloorganskim spojevima) te ih analizirati, interpretirati i staviti u kontekst istraživanja magnetskih svojstava novih materijala.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Fizikalne osnove glazbenih tonova instrumenta marimbe	
<p>Unutar predloženog diplomskog rada napravio bi se detaljan uvod u zvučne valove, te matematički opis glazbenih tonova. Potom bi se razmatrao nastanak tona na glazbenom instrumentu marimbi i detaljnije razmatrala uloga rezonantne šupljine. Potom bi se izvršila mjerenja intenziteta zvuka konstruiranim priručnim uređajem i radila spektralna analiza te proučilo bitne značajke zvuka tog glazbenog instrumenta.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetsko ponašanje odabranog metalo-organskog multiferoičnog materijala pod utjecajem vanjskih parametara	
<p>Magnetoelektrični multiferoici pokazuju istovremeno dvije vrste uređenja, a naročito je zanimljivoako su ona međusobno povezana tako da se električnim poljem može utjecati na magnetsko stanje te magnetskim poljrm na električno. Multiferoičnost s magnetskim i električnim uređenjem može se javiti u različitim vrstama materijala, u poznatim složenim oksidima metala, a u novije vrijeme i u metalo-organskim kompleksnim spojevima. Unutar diplomskog rada istražiti će se magnetsko i po mogućnosti električno ponašanje odabranog potencijalno magnetoelektričnog multiferoičnog spoja. Istraživat će se metalo-organski hibridni kompleksni materijali slojevite kristalne strukture. Eksperimentalno istraživanje obuhvatit će mjerenja magnetizacije SQUID magnetometrom, zatim ukoliko bude moguće utjecaj električnog polja na nju, te utjecaj visokog tlaka na magnetsko ponašanje, a po mogućnosti i utjecaj svjetlosti. Sve su to vrlo aktualna istraživanja, a student će sudjelovati u različitim segmentima. Pružit će se i mogućnost sudjelovanja u sintezi novog materijala te istraživanju njegove strukture, ali nije nužno. Također, moguće je programiranje mjernih uređaja, ali nije nužno. Student će napraviti cjelovito eksperimentalno istraživanje unutar Laboratorija za istraživanje magnetskih i električnih pojava te dati zaokruženu sliku ponašanja i objašnjenja odabranog složenog magnetskog sustava. Materijal će se odabrati iz skupine koju se trenutno intenzivno istražuje.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Proučavanje evolucije broja kromosoma u zdravim i tumorskim stanicama	
<p>Pogreške u podjeli kromosoma za vrijeme stanične diobe dovode do neispravnog broja kromosoma, odnosno aneuploidije. Takvo je stanje opaža se kod većine tumorskih stanica te ono ubrzava stvaranje tumora. Stoga je otkrivanje podrijetla pogrešaka i njihov dugoročni učinak na stanice ključno za razumijevanje aneuploidije. Da bi se razumjeli mehanizmi koji dovode do velike učestalosti pogrešaka, student/studentica će koristiti model zasnovan na makrokariotipu. Takav model, koji koristi opis srednjeg polja, uključuje brzinu podjele stanica, pogreške u raspodjeli kromosoma tijekom diobe, utjecaj višepolarnih diobenih vretena na pogreške te staničnu smrt. Model će predvidjeti evoluciju broj kromosoma, trebao bi predvidjeti koje će stanice prevladati nakon velikog broja dioba. Dobiveni teorijski rezultati će usporediti s pogreškama opaženim u živim stanicama, proučavanim u laboratorijima naših suradnika Instituta Ruđer Bošković te Instituta Hubrecht u Utrehtu.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Proučavanje motornih proteina i mikrotubula odgovornih za pozicioniranje kromosma tokom diobe	
<p>Za vrijeme stanične diobe formira se diobeno vreteno, čija je funkcija ispravna podjela genetičkog materijala između stanica kćeri. Diobeno zamišljamo kao složeni mikro-stroj sastoji od mikrotubula, kromosoma i različitih dodatnih proteina, pri čemu sile koje reguliraju položaj kromosoma ključne za njegovo formiranje te potom i za uspješnu diobu genetskog materijala. Prilikom formiranja diobenog vretena, od ključne je važnosti da se kromosomi poravnaju u ekvatorijalnoj ravnini. Da bi se opisale sile koje pozicioniraju kromosome, uvest će se model koji uključuje mikrotubule koji se protežu između sestrinskih kinetohornih vlakana, nazvani prenosni mikrotubuli te ostale poznate sile koje djeluju u diobenom vretenu: sile koje nastaju između mikrotubula i kinetohora, sile između centrosoma i mikrotubula, sile koje su prisutne u prenosnim mikrotubulima, a generiraju ih molekularni motori. Dobiveni će rezultati usporediti s izmjerenim položajima kromosoma u stanicama s prirodnom koncentracijom motornih proteina te u stanicama koje imaju te koncentracije izmijenjene, koje će omogućiti eksperimentalna grupa profesorice Ive Tolić s Instituta Ruđer Bošković.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Istraživanje dinamike rešetke u stroncijevom titanatu	
Stroncijev titanat je jedan od najvažnijih oksida prijelaznih metala, zbog svoje jednostavne perovskitne strukture i jakih feroelektričnih fluktuacija. Također, stroncijev titanat je supravodič pri rekordno niskim gustoćama nosioca naboja, a mehanizam supravodljivog sparivanja je još uvijek nepoznat. U ovom radu proučavat će se dinamika rešetke stroncijevog titanata, s naglaskom na polarne optičke fonone koji igraju ključnu ulogu za elektronska svojstva ovog materijala. Koristit će se moderne tehnike neelastičnog raspršenja neutrona na spalacijskim i reaktorskim izvorima (Oak Ridge National Laboratory), uz primjenu magnetskih polja i in situ uniaksijalnog naprezanja za manipulaciju svojstvima fonona. Rezultati će pružiti nove uvide u dinamička svojstva stroncijevog titanata, te time dati važan doprinos razumijevanju elektron-fonon interakcija i mehanizma supravodljivosti.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Numeričko modeliranje lokalne strukture kompleksnih materijala	
U mnogim važnim materijalima pojavljuju se kratkodosežne strukturne fluktuacije koje dovode do lokalnih odstupanja od prosječne kristalne strukture. Takva nehomogenost na nanoskali je često ključna za razumijevanje termalnih i elektronskih svojstava materijala, no općenito ju je mnogo teže proučavati nego dugodosežne kristalne strukture. U ovom radu će se pomoću Monte Carlo tehnika numerički istraživati različite konfiguracije lokalnog nereda u materijalima sa strukturom na bazi perovskita, te će se rezultati uspoređivati s difuznim raspršenjem neutrona i x-zraka. Time će se postići kvalitativno razumijevanje nehomogenosti u širokoj klasi materijala, te postaviti temelj za kvantitativne analize.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Marin Petrović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Sinteza i karakterizacija 2D materijala na metalnim podlogama	
Istraživanje novih materijala je jedan od ključnih koraka koji omogućava razvoj novih i naprednijih tehnologija. U fokusu znanstvene zajednice se trenutno nalaze i tzv. dvodimenzionalni (2D) materijali, odnosno materijali koji imaju debljinu jednog atoma budući da se njihove kristalne rešetke prostiru u samo dvije dimenzije. 2D materijali imaju mnoga zanimljiva fizikalna svojstva koja, u kombinaciji s njihovom specifičnom strukturom, imaju potencijal za različite primjene. Ključ uspješnog istraživanja 2D materijala je sinteza kvalitetnih kristala, i to po mogućnosti na velikim skalama i s malenim troškovima proizvodnje. U sklopu ovog diplomskog rada, optimizirati će se sinteza i provesti karakterizacija 2D materijala baziranih na boru, poput heksagonalnog borovog nitrida i borofena, na metalnim podlogama od tehnološkog značaja kao što su bakar i nikal. Sinteza će se provoditi u vakuumu metodom kemijske depozicije para (chemical vapor deposition, CVD), dok će se za strukturnu karakterizaciju koristiti mikroskop atomskih sila (atomic force microscope, AFM) i pretražni elektronski mikroskop (scanning electron microscope, SEM). Glavni cilj rada je dobivanje velikih, visoko-kvalitetnih uzoraka 2D materijala na jeftinim metalnim podlogama, pogodnih za daljnju manipulaciju i korištenje u kompleksnijim strukturama. Kroz izradu diplomskog rada student/ica će steći znanja iz površinske fizike i relevantnih eksperimentalnih metoda.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Učeničko razumijevanje gravitacije u osnovnoj i srednjoj školi	
<p>Gravitacija je pojam koji se široko koristi ne samo u fizici, nego i u svakodnevnom životu, te se često podrazumijeva da ga učenici razumiju. Edukacijska istraživanja u fizici ukazala su na brojne poteškoće koje učenici, pa i studenti, imaju s razumijevanjem tog pojma i njegovom primjenom u raznim kontekstima, od svakodnevnih do astronomskih, koji uključuju Zemlju i Sunčev sustav. Rezultati postojećih istraživanja upotrijebili bi se da diplomand/ica na temelju njih konstruira konceptualni test o gravitaciji s pitanjima višestrukog izbora, koji bi bio prikladan za učenike osnovne i srednje škole. Test bi potom bio primijenjen na prikladan uzorak učenika osnovne škole i gimnazije, a rezultati analizirani i uspoređeni. Ova bi usporedba dala početni uvid u stanje učeničkog razumijevanja pojma gravitacije na barem dvije razine školovanja. U diplomskom bi se radu dao prikaz i usporedba učeničkih poteškoća iz literature i rezultata vlastitog istraživanja, kao i ideje za njihovo prevladavanje u istraživački usmjerenom nastavu fizike, a razvijale bi se i važne vještine konstrukcije i evaluacije dijagnostičkog testa za edukacijska istraživanja u fizici.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Analiza učeničkih poteškoća na državnoj maturi iz fizike	
<p>Državna matura iz fizike provodi se u Republici Hrvatskoj od 2010. godine do danas i iznimno je važan ispit za velik broj srednjoškolaca. Kako joj pristupa oko 7000 do 9000 maturanata svake godine, ona je i prilika da se uoči i analiziraju neke učeničke konceptualne i proceduralne poteškoće s nastavnim sadržajima iz fizike na većoj skali. U ovom bi se diplomskom radu analiziralo objavljene ispite državne mature iz fizike i podatke o riješenosti zadataka s matura tijekom dvanaest godina provedbe ovog ispita u Republici Hrvatskoj. Pokušalo bi se odrediti glavne uzorke učeničkih poteškoća iz tih podataka za svako od ispitivanih područja fizike na maturi (Mehanika, Termodinamika, Elektricitet i magnetizam, Titranje, valovi i optika, Moderna fizika) i procijeniti njihove implikacije za srednjoškolsku nastavu fizike.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Korištenje novih reprezentacija podataka u svrhu klasifikacije događaja pomoću strojnog učenja	
<p>Klasifikacija događaja u fizici elementarnih čestica tradicionalno se radi nametanjem rezova na podatke, koji tipično odbacuju pozadinu i izoliraju željeni signal. U posljednje vrijeme, za klasifikaciju događaja počele su se koristiti neuralne mreže, tj. metode strojnog učenja. U tom slučaju, sposobnost mreže da izolira pojedinu klasu događaja dosta ovisi o načinu na koji su reprezentirani podaci. U ovom radu ćemo istražiti nove načine reprezentacije podataka (npr. slikovni prikazi matrica radpiditeta i mase) te vidjeti kako oni utječu na sposobnost mreže u izolaciji pojedinog tipa događaja. Metoda se može primijeniti na postojećim stvarnim LHC podacima, ili na "mock" podacima korištenim za LHC Olympics natjecanja. Nakon odabrane reprezentacije, mogli bi se usporediti rezultati dobiveni korištenjem različitih strojnih algoritama.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Dinamika gibanja širokih novčića i vjerojatnost pada na rub	
<p>Prilikom navođenja primjera u teoriji vjerojatnosti često se referiramo na "pravedan novčić", koji je idealiziran i ima jednaku vjerojatnost pada na bilo koju od svoje dvije strane. No, realni novčić ima raspodjelu mase koja nije simetrična te ima i neku širinu, zbog čega vjerojatnost pada nikad nije točno 1/2. U ovom radu proučavat ćemo dinamiku pada novčića te pokušati vidjeti kako treba izgledati novčić kome je vjerojatnost pada na bilo koju od strana 1/3. Takav novčić ćemo pokušati izraditi pomoću već postojećih novčića, kao i isprintati na 3D pisaču te izmjeriti njegova svojstva. U radu ćemo se povezati i na Bertrandov paradoks te pokazati gdje se on pojavljuje u ovom eksperimentu.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: dr. sc. Petar Popčević	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Neven Žitomir Barišić	Institucija: pmf
Elektronska svojstva interkaliranih dihalogenida prijelaznih metala	
<p>Dihalkogenidi prijelaznih metala su vrlo aktualna tema znanstvenih istraživanja kako eksperimentalnih tako i teorijskih. Radi se o kvazi-dvodimenzionalnim materijalima koji su u fokusu znanstvenog interesa iz dva razloga: prvi je činjenica da je moguće sintetizirati atomski takne slojeve te se istražuje njihov potencijal za primjene u elektronici, spintronici i dr.; drugi razlog je njihova kvazi-dvodimenzionalna (slojevita) struktura koja pospešuje korelacijske efekte što rezultira bogatstvom raznih osnovnih stanja. Ovisno o kemijskom sastavu oni mogu biti poluvodiči, polumetali ili pravi metali, a neki od njih su i supravodljivi. Moguće ih je interkalirati magnetskim ionima te na taj način dobiti sustave u kojima koegzistiraju magnetski i metalni podsustavi. Međudjelovanje ovih dvaju sustava rezultira zanimljivim osnovnim stanjima kojima je moguće manipulirati primjenom vanjskog tlaka i/ili magnetskog polja. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od interkalata NbS₂ sustava kao što je Co1/3NbS₂. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka od nekoliko GPa kao i magnetskog polja te mjerenjem fizikalnih veličina u ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u laboratoriju Instituta za fiziku u suradnji s laboratorijem za sintezu s PMFa te uz mogućnost međunarodne suradnje (TU Wien, AGH). Rezultati rada će se sažeti u znanstvenu publikaciju te za motivirane kandidate postoji mogućnost nastavka suradnje u obliku izrade doktorata.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Terahertzni samopobuđeni oscilator temeljen na heterostrukturi dielektrik-feroelektrik	
<p>U okviru ovog diplomskog rada student će se upoznati s fizikom feroelektrika, Landauovim razvojem Gibbsove energije i faznim prijelazima, razmatranjem rješenja Landau-Khalatnikovove jednačbe u statičkoj i dinamičkoj granici. Heterostruktura, spoj dielektrik-feroelektrik ispoljava vrlo posebno svojstvo tzv. "negativnog električnog kapaciteta" do kojeg dolazi fiksiranjem rubnih uvjeta rješenja spomenutih jednačbi na granici spoja. Drugi način realizacije ovog svojstva je korištenjem tzv. Landauovih domena suprotne orijentacije polarizacije, koje se spontano formiraju, a čije veličine ovise o električnom polju kojem je izložen feroelektrik. Ovakvo svojstvo ima potencijalno vrlo važnu mogućnost primjene u fizici samopobuđenih oscilatora, pa i metamaterijala ako se odziv na vremenski ovisnu elektromagnetsku pobudu pokaže širokopoljnim. U tom cilju, u okviru ovog rada trebaće formulirati problem heterostrukture dielektrik-feroelektrik u kojem se formiraju Kittelove domene regulirane samosuglasno generiranim totalnim električnim poljem (u smislu povratne veze). Očekujemo da spoj odlikuje negativni električni kapacitet s maksimalnim odzivom u terahertznom području. Bit će analizirana strujno-naponska karakteristika kruga koja sadrži ovu heterostrukturu u smislu istraživanja dinamičke nestabilnosti koja bi vodila na samopobuđene oscilacije u terahertznom području. Druga motivacija za istraživanje "negativnog električnog kapaciteta", pokrivena u ranijim radovima, je svakako u razvoju digitalne tehnologije, napose tehnologije FET tranzistora korištenih u konstrukciji računalnih procesora. Pojavio se, naime, fundamentalni problem donje granice promjene potencijala na kanalu FET-a, koja izazove promjenu struje, od 60 mV po dekadi. Ovo je rezultiralo stagnacijom operativne frekvencije procesora na cca. 2 GHz, a ostvarivanje napretka u brzini obrade podataka postiže se isključivo paralelizmom jezgri. Dodani sloj feroelektričnog materijala na dielektrik ispod vrata FET-a efektivno se ponaša poput serijskog spoja dva kapacitora od kojih jedan ima negativni kapacitet. Isti se ponaša poput transformatora napona temeljenog na pozitivnoj povratnoj sprezi koja dolazi od mikroskopskih stupnjeva slobode feroelektrika. Ovaj mehanizam omogućava prevazilaženje granice od 60 mV po dekadi i ima potencijalno važne konsekvence za digitalnu tehnologiju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Topološka rekonstrukcija elektronske vrpce pri pojavi vala gustoće naboja u okviru aproksimacije čvrste veze	
<p>Razmatrat će se elektronska vrpca u okviru aproksimacije čvrste veze pri izlaganju sustava djelovanju periodičke perturbacije (val gustoće naboja). Izračunom gustoće stanja elektronske vrpce i van Hoveovih singulariteta u istoj, pratio će se utjecaj perturbacije ovisno o njezinoj amplitudi i valnom vektoru te dimenzionalnosti sustava. Uslijed topološke rekonstrukcije vrpce u okolini Lifshitzovih točaka valja istražiti pojavu pseudoprocijepa koji je ključan čimbenik za pojavu nestabilnosti sustava spram samosuglasno formiranog vala gustoće elektronskog naboja. Motivacija za ovo istraživanje su eksperimentalno opažene nabojne pruge ("stripes") u nizu materijala jako anizotropne trodimenzionalne geometrije (kvazi-2D materijali) među kojima su paradigmatički primjer kupratni spojevi danas poznati kao HiTC supravodiči, a u kojima standardni model nastajanja nabojnih pruga tzv. ugnježenjem Fermijeve plohe nije primjenjiv.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Valovi gustoće naboja nekad i danas	
<p>U okviru diplomskog rada izradio bi se pregledni rad o valovima gustoće naboja od teorijske predikcije R. Peierlsa, preko prvih eksperimentalnih realizacija u realnim lančastim materijalima velike anizotropije - kvazi-1D sustavi (npr. Bechgaardove soli, plava bronca itd.) pa do danas aktualnih opažanja valova gustoće naboja, katkad nazivanim i "nabojnim prugama," u visokotemperaturno supravodljivim kupratima (npr. LSCO, YBCO itd.) i dihalogenidima prijelaznih metala (npr. TiSe₂). Uz pregled eksperimentalnih rezultata, iznio bi se i pregled teorijskih modela koji objašnjavaju odgovarajuće sustave, od prvog teorijskog modela Peierlsove nestabilnosti za 1D sustave, preko modela ugnježđenja visoko anizotropne Fermijeve plohe za realne kvazi-1D sustave, pa do niza predloženih modela u pokušaju razumijevanja slojastih kvazi-2D sustava, s približno izotropnom Fermijevom plohom, koji potpuno odstupaju od modela temeljenog na njihovom ugnježđenju i koje do danas ne razumijemo u potpunosti.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Davor Ristić	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Generiranje frekventnog češlja u mikrorezonatorima visokog faktora dobrote pomoću degeneriranog četverovalnog miješanja	
<p>Frekventni češljevi su se od svojeg otkrića početkom 21 stoljeća pobudili iznimno zanimanje u znanstvenoj zajednici. Budući da predstavljaju sponu koja može ekperimentlno povezati radio-frekventno i optičko područje elektro-magnetskog spektra našli su primjenu prvenstveno u visoko preciznoj metrologiji, ali i u mnogim drugim područjima kao što je detekcija štetnih plinova u okolišu. Uz klasične frekventne češljeve koji se baziraju na mode-locked laserima, 2007. godine uspješno su po prvi put generirani frekventni češljevi u optičkim mikrorezonatorima visokog faktora dobrote pomoću nelinearnih optičkih efekata, konkretno degeneriranog četverovalnog miješanja[1]. To je otvorilo potpuno novo područje primjene frekventnih češljeva za on-chip integrirane sustave. Navedeni frekventni češljevi su nedavno uspješno proizvedeni i u našoj grupi na Institutu Ruđer Bošković u mikrosferama od kvarcnog stakla. U sklopu predloženog diplomskog rada izvršiti će se proizvodnja mikrosfera visokog faktora dobrote. Frekventni češljevi će se generirati tako da se pobudni signal iz ugodivog lasera (1550 nm) pojačan pomoću optičkog pojačala uvede u mikrosferu evanescentnim sprežanjem stanjenim optičkim vlaknom. Proučavat će se frekventni češljevi generirani unutar mikrosfere te također i svi drugi nelinearni optički fenomeni koji su prisutni u navedenom sistemu, prvenstveno stimulirano Ramanovo raspršenje. [1] Del Hays P., et al., Optical frequency comb generation from a monolithic microresonator. Nature 450, 1214 (2007).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tania Natalie Robens	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Models with extended scalar sectors at future colliders	
<p>Particle physics is currently in one of the most exciting eras in the last 50 years. The discovery of the long-sought Higgs Boson, the last building block of the Standard Model (SM) of Particle Physics, at the Large Hadron Collider (LHC) at the European Center for Nuclear Research (CERN) in Geneva, Switzerland, in 2012 has led to the Nobel prize in 2013 and reinforced the enthusiasm of theoretical and experimental researchers. In this project, a model will be investigated that extend the scalar sector of the SM by additional physical states. Such models are already constrained by theoretical and experimental data, however, experimental uncertainties and limits in search regions still leave room for new physics models. In more detail, the student will compare a specific signature within two different models that allow for new particle content and study how these might be distinguished at current or future colliders. One goal is to become acquainted with publicly available computational programs such as Madgraph and numerical simulations of parton collisions. A basic knowledge of the Standard Model of particle physics and programming skills are assumed</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tania Natalie Robens	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Optimizing cross section calculations for new physics models	
<p>Particle physics is currently in one of the most exciting eras in the last 50 years. The discovery of the long-sought Higgs Boson, the last building block of the Standard Model (SM) of Particle Physics, at the Large Hadron Collider (LHC) at the European Center for Nuclear Research (CERN) in Geneva, Switzerland, in 2012 has led to the Nobel prize in 2013 and reinforced the enthusiasm of theoretical and experimental researchers. In this project, a model will be investigated that extend the scalar sector of the SM by additional physical states. Such models are already constrained by theoretical and experimental data, however, experimental uncertainties and limits in search regions still leave room for new physics models. The LHC experiments are currently searching for such models in a larger number of channels, and require maximal rates from new physics models for comparison. Although brute force scans of parameter space can give some indication, more sophisticated methods are required to really determine the maximal values for these in the whole parameter space. The student will learn about new physics models, constraints on these, and numerical algorithms. This will serve as direct input to the LHC experimental searches. A basic knowledge of the Standard Model of particle physics and programming skills are assumed.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Plazmoni u dvodimenzionalnim metal-izolator heterostrukturama	
<p>Posebno mjesto u potencijalnoj tehnološkoj primjeni zbog brojnih fizikalnih karakteristika zauzimaju heterostrukture sazdane od dva ili više sloja različitih dvodimenzionalnih (2D) materijala debljine atoma. Među različitim elektrodinamičkim svojstvima ovih materijala posebno su zanimljiva plazmonska svojstva. Primjer heterostrukture čija se plazmonska svojstva istražuju u ovome radu sastoji se od dva sloja 2D borovog nitrida između kojih se nalazi 2D sloj litija. Po elektronskim svojstvima 2D borov nitrid je izolator s energetskim procijepom od nekoliko elektronvolti dok je 2D litij vodič s jednom paraboličnom vrpcom. Za izračun dielektrične funkcije takvog kompozitnog trosloja upotrijebit ćemo metodu višekomponentne aproksimacije nasumičnih faza. Glavni gradivni elementi dielektričnog tenzora su korelacijske funkcije gustoće naboja 2D litija i 2D borovog nitrida koje se također određuju kao dio problema diplomskog rada. U dugovalnom limesu, pomoću ove metode, možemo analitički pronaći plazmonske disperzije i analizirati utjecaj različitih parametara poput debljine heterostrukture i polarizabilnosti borovog nitrida na iste.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Mikrokanonski pristup barometrijskoj formuli	
<p>Jedan od najljepših rezultata klasične statističke fizike zasigurno je barometrijska formula koja povezuje hidrostatski tlak zraka s visinom. U idealiziranom slučaju promatramo idealni plin zatvoren u spremnik u kontaktu s termostatom i koji se nalazi u linearnom gravitacijskom potencijalu. Unutar kanonskog ansambla poprilično je jednostavno izvesti barometrijsku formulu, no postavlja se pitanje analitičkog izvoda iste unutar mikrokanonskog ansambla. U diplomskom radu student će se upoznati s potrebnim matematičkim metodama za izvod fizikalnih opservabli mikrokanonskog modela dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog idealnog klasičnog plina u linearnom potencijalu.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	
Magistar edukacije fizike i kemije	
Magistar edukacije fizike i tehnike	
Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Krešimir Salamon	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Neven Žitimir Barišić	Institucija: pmf
Novi materijali za fotoelektrokemijsko cijepanje vode	
<p>Materijali bazirani na oksidima i oksinitridima prijelaznih metala imaju iznimno zanimljiva svojstva i mogućnost primjene za proizvodnju vodika putem fotoelektrokemijskog cijepanja vode. Tema diplomskog rada je istraživanje serije takvih materijala pripremljenih metodom reaktivnog magnetronskog rasprašenja, te analiza njihovih strukturnih, optičkih i foto-električnih svojstava. Serija materijala uključuje tanke filmove građene od oksida ili oksinitrida, gdje bi se varirala koncentracija kisika i dušika tijekom pripreme magnetronskim rasprašenjem. Strukturna svojstva materijala određuju se metodom XRD (x-ray diffraction), a foto-električna metodom mjerenja kvantne efikasnosti materijala te elektrokemijskim mjerenjima. Cilj je ispitati podobnost pripremljenih materijala za primjenu u fotokatalitičkom cijepanju vode. Uređaji za sva potrebna mjerenja su dostupni u našem laboratoriju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Krešimir Salamon	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Neven Žitimir Barišić	Institucija: pmf
Poluvodičke kvantne točke za primjenu u proizvodnji vodika	
<p>Materijali sastavljeni od poluvodičkih kvantnih struktura imaju vrlo zanimljiva svojstva i razne primjene koje uključuju i proizvodnju vodika putem fotokatalitičkog cijepanja vode. Tema diplomskog rada je priprema serije takvih materijala putem reaktivnog magnetronskog rasprašenja, te analiza njihovih strukturnih, optičkih i foto-električnih svojstava. Serija materijala uključuje tri tanka filma sa pluvodičkim kvantnim strukturama (Ge ili Si) gdje bi se varirala koncentracija reaktivnog plina tijekom pripreme magnetronskim rasprašenjem. Strukturna svojstva materijala određuju se metodom GISAXS (grazing incidence small angle x-ray scattering), optička mjerenjem absorpcije i transmisije u području 200nm-900nm, a foto-električna metodom mjerenja kvantne efikasnosti materijala. Cilj je ispitati podobnost materijala za primjenu u cijepanju vode u svrhu proizvodnje vodika na temelju napravljenih mjerenja. Uređaji za sva potrebna mjerenja su dostupni u našem laboratoriju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zdravko Siketić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Elementno i molekularno mapiranje organskih uzoraka metodama MeV SIMS i PIXE	
<p>U zadnjih deset godina, U Laboratoriju za interakcije ionskih snopova na Institutu Ruđer Bošković, intenzivno se radi na razvijanju novih analitičkih metoda koje se baziraju na interakciji iona MeV-skih energija i materijala. Jedna od nedavno razvijenih metoda je masena spektrometrija sekundarnih iona (engl. Secondary Ion Mass Spectrometry), gdje se za pobudu koriste ioni energija nekoliko MeV-a (skraćeno MeV SIMS). Pošto su ioni fokusirani na dimenziju od nekoliko mikrometara, može se raditi mapiranje skeniranjem snopa preko uzorka. Pokazano je da je MeV SIMS pogodan za kemijsku analizu organskih materijala i ima široku primjenu u području biologije, forenzike i kulturne baštine. Uz molekularni sastav, važna je i informacija o distribuciji elemenata u tim uzorcima. Kako MeV SIMS nije pogodan za elementnu analizu, može se primijeniti druga metoda, čestično inducirana emisija X-zraka (eng. Particle Induced X-ray Emission, PIXE). Cilj diplomskog rada je primijeniti PIXE i MeV SIMS metode za elementno i molekularno mapiranje organskih materijala. Poželjno bi bilo da se obje metode rade s istom vrstom i energijom iona. Eksperimentalnim mjerenjima PIXE i MeV SIMS spektara, diplomant će odrediti koji ion je najpogodniji za sekvencijalnu analizu pomoću PIXE i MeV SIMS-a. Također, trebat će utvrditi redoslijed analiza, da li prvo raditi PIXE pa MeV SIMS ili obrnuto. Naime, za PIXE mjerenja koriste se puno veće struje ulaznih iona, što može oštetiti molekule koje se detektiraju metodom MeV SIMS (za MeV SIMS se koriste šest redova veličine niže struje).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Skenderović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Generiranje svjetlosti s orbitalnom kutnom količinom gibanja pomoću svjetlosnog modulatora	
<p>Strukturiranje svjetlosti je važno područje eksperimentalne optike sa širokom primjenom u optičkim komunikacijama, optičkoj metrologiji, optičkoj manipulaciji, visokorazlučivoj mikroskopiji i drugim oblastima. Prostorni svjetlosni modulator (Spatial Light Modulator, SLM) je uređaj koji omogućuje kreiranje i detekciju strukturirane svjetlosti. SLM je matrica tekućih kristala raspoređenih u pojedinačne piksele koji se mogu individualno adresirati. U slučaju reflektivnog SLM-a, računalno se zadaje željena faza reflektiranog dijela svjetlosnog snopa koji pada na svaki piksel i tako se dobija prostorna fazna modulacija cijelog snopa, odnosno modulacija valne fronte. U biti, maska koja se pošalje na SLM je hologram koji se može numerički izračunati ili koristiti snimljeni hologram realnog predmeta. Na primjer, jednostavna sinusna maska predstavlja difrakcijsku rešetku, pa tako možemo mijenjati kut refleksije upadne zrake pomoću računala spojenog na SLM. Poznato je da je cirkularna polarizacija optičkog polja povezana sa spinskim angularnim momentom (SAM). Međutim, angularni moment povezan s azimutalnom faznom ovisnošću valne fronte definira orbitalni angularni moment (OAM) optičkog polja. Tek je krajem devedestih godina 20. stoljeća pokazano da Laguerre Gauss laserski (LG) modovi posjeduju dobro definiran OAM. Za razliku od spinskog, koji ima dvije vrijednosti, orbitalni kvantni broj l može imati (skoro) beskonačno mnogo vrijednosti, $l=0, +/-1, +/-2, \dots$. Upravo ta beskonačna dimenzionalnost OAM polja otvara mogućnosti za korištenje OAM svjetlosti za širokopojasnu komunikaciju, kvantnu kriptografiju, realizaciju entanglementa i dr. Generiranje i detekcija OAM laserskih zraka je najjednostavnija pomoću SLM uređaja. Pri izradi diplomskog rada, kandidat će se upoznati s matematičkim rješenjima Helmholtzove paraaksijalne jednadžbe (Gauss, LG, Bessel...), radom SLM uređaja, generiranju transferne funkcije za OAM snopove i generiranju i detekciji OAM snopova u laboratoriju pomoću SLM uređaja. Poveznica na životopis voditelja: http://holobio.ifs.hr/wpcontent/uploads/2022/01/CV_Skenderovic_En-2021.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Skenderović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Izrada postava za generiranja pojedinačnih fotona	
<p>U sve brže razvijajućem polju Kvantne tehnologije (Quantum Flagship) jedan od osnovnih elemenata su izvori pojedinačnih fotona. Pojedinačni fotoni se primjenjuju u kvantnoj informaciji, kvantnoj kriptografiji, kvantnom oslikavanju. Kvantno-mehanički opisano, pojedinačni fotoni su vlastita stanja operatora broja fotona (N) s kvantnim brojem 1. Vlastita stanja operatora N posjeduju subPoissonovsku fluktuaciju u broju fotona što za $n=1$ znači da je fluktuacija 0. Eksperimentalna realizacija ovakvog stanja predstavlja priličan izazov, a kao pokazatelj da se doista radi o izvoru pojedinačnih fotona može poslužiti antikorelacijsko ponašanje u tzv HanburyBrown Twiss interferometru koji mjeri Glauberovu korelaciju drugog reda, $g_2(t)$. Poznato je da je ova funkcija u $t=0$, jednaka 0 za singlephoton stanja, jednaka 1 za laserske izvore, odnosno 2 za termalne izvore radijacije. U ovome će se radu konstruirati optički postav za generiranje pojedinačnih fotona pomoću procesa spontane parametrijske down-konverzije (SPDC) u nelinearnom KTiOPO_4 (ppKTP) kristalu. Prilikom optičkog pumpanja ppKTP kristala laserskim zračenjem u UV (405 nm) od jednog UV fotona mogu nastati dva NIR fotona (810 nm). Činjenica da parovi fotona nastaju simultano može se iskoristiti tako da detekcija prvog fotona nagovješta trenutak kada očekujemo drugi foton iz para tj. takva metoda omogućuje znatno smanjenje šuma, jer klikove na detektoru mjerimo u kratkim vremenskim intervalima. Nakon izrade izvora, izradit će se postav za karakterizaciju izvora i njemu će se ispitati i optimizirati čistoća izvora. Poveznica na životopis voditelja: http://holobio.ifs.hr/wp-content/uploads/2022/01/CV_Skenderovic_En-2021.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ana Sunčana Smith	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	Institucija: pmf
Aktivni transport i topološke invarijante na primjeru epitelnih tkiva	
Epitel je jedna od osnovnih skupina tkiva višestaničnih organizama a glavna im je značajka da kao tanke opne odjeljuju različite odjeljke (organe, kožu, krvožilni sustav i sl.). Njihova funkcionalnost je nužna za preživljavanje a također su ishodište većine tumora. Da bi izvršavala svoju funkciju, epitelna tkiva moraju održavati visoki nivo organizacije i topološke jedinstvenosti koja se uspostavljaju kontrolom populacijske dinamike te kompleksnim kooperativnim transportom stanica. S obzirom na vlastiti interes, studenti će se moći fokusirati na razvoj optimizacijskih tehnika, stohastičku geometriju, teoriju aktivnog transporta, razvoj simulacija baziranim na metodi dinamike disipativnih čestica, masivnom analizom multidimenzijskih podataka metodama umjetne inteligencije, ili na primjenu teorije i simulacija na konkretne probleme iz područja mehano-biologije tkiva. Studenti će postati integralni dio jake interdisciplinarne i internacionalne grupe te će im uz znanstveni rad na najsuvremenijoj opremi biti omogućen uvid u eksperimentalnu komponentu projekta i sudjelovanje u programu kojim se potiče znanstveno umrežavanje, razvoj vještina nužnih za modeliranje (programiranje, uvod u znanost o podacima, rad na superračunalima), te socijalne i prezentacijske vještine kao što su timski rad, sposobnosti prezentiranja ili pisanja na engleskom jeziku. Magistar fizike	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ana Sunčana Smith	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Stvaranje proteinskih domena u membranama i fazni prijelazi u dvodimenzionalnim sustavima	
Stanične membrane su dvodimenzionalne složene strukture koje sudjeluju u gotovo svim staničnim procesima. Njihova funkcionalnost ovisi o tome da se pravovremeno stvore i raspadnu funkcionalne proteinske domene koje su sadržajno vrlo jasno definirane. Vjeruje se da taj process ovisi o mnogočestičnim silama između konstitutivnih molekula (lipida i proteina), a kontroliran je transportom i aktivnim fluktuacijama u sustavu. Tijekom diplomskog rada student(ica) će se upoznati s osnovnim biološkim principima rada membrane u kontekstu fizike mekih materijala. S obzirom na vlastiti interes, kandidati će se moći fokusirati na doprinošenje teoriji faznih prijelaza u mnogočestičnim neravnotežnim sustavima, na razvoj numeričkih metoda za simulaciju tih sustava, ili na primjenu teorije i simulacija na konkretne probleme iz područja stanične imunobiologije. Studenti će postati integralni dio jake interdisciplinarne i internacionalne grupe te će im uz znanstveni rad na najsuvremenijoj opremi biti omogućeno i sudjelovanje u programu kojim se potiče znanstveno umrežavanje, razvoj vještina nužnih za modeliranje (programiranje, uvod u znanost o podacima, rad na superračunalima), te socijalne i prezentacijske vještine kao što su timski rad, sposobnosti prezentiranja ili pisanja na engleskom jeziku. Magistar fizike	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Mase supermasivnih crnih rupa u kvazarima	
U radnji će se izračunati mase supermasivnih crnih rupa u kvazarima iz SDSS baze spektara prateći metodu prezentiranu u Rafiee & Hall (2011, ApJS, 194, 42).	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Teleparalelna gravitacija	
Prostorvrijeme u općoj teoriji relativnosti je glatka 4-mnogostrukost s metrikom Lorentzovog tipa koja je rješenje Einsteinove gravitacijske jednadžbe i koneksijom koja definira paralelni pomak. Premda je uobičajen odabir koneksije onaj s iščezavajućom torzijom, u literaturi su razmatrane i alternativne formulacije gravitacijske teorije s torzijom. U teleparalelnoj gravitaciji polazimo od tetraada na mnogostrukosti, a torziji dajemo centralnu ulogu poput metrike u općoj teoriji relativnosti. U ovom radu će biti napravljen pregled temelja i osnovnih rezultata u teleparalelnoj gravitaciji, kao i osvrt na moguću pripadnu baždarnu strukturu.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Ograničenja kompaktnosti astrofizičkih tijela	
Kod svake nakupine gravitirajuće materije imamo sučeljavanje "stiska" gravitacijskog polja i internih tlakova koji su rezultat ostalih interakcija. U nekim silovitim procesima, poput eksplozije supernova, moguće je materiju toliko sabiti da se ona više ne može oduprijeti gravitacijskom sažimanju, pri čemu nastupa tzv. gravitacijski kolaps. U ovom radu će biti napravljen pregled niza teorijskih rezultata, poput Buchdahlove granice, koji nam daju općenite granice na kompaktnost nekolabiranih astrofizičkih tijela.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mario Stipčević	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Ekperimentalna kvantna kriptografija	
Kvantna komunikacija odvija se putem razmjene kvantne informacije, koju mogu prenositi male molekule ili elementarne čestice poput atoma, elektrona, fotona, itd. U praksi najčešće se koriste fotoni jer ih ne najlakše generirati, umodulirati im kvantnu informaciju, transportirati na veće udaljenosti i detektirati. Kvantna komunikacija je osnova za kvantnu kriptografiju (quantum key distribution - QKD) u kojoj je kibernetička sigurnost komunikacije zagarantirana zakonima kvantne fizike, to jest ne postoji nikakav način dekriptiranja iste. Program europske kvantne komunikacijske infrastrukture (EuroQCI), u kojeg je uključena i Hrvatska, predviđa (među ostalima) uspostavu QKD između većih komunikacijskih čvorišta u Europi putem postojećih optičkih vlakana koja se koriste za internet. Stoga ćemo se i mi, u predloženom diplomskom zadatku, orijentirati na kvantnu kriptografiju putem optičkih vlakana, koristeći postojeće prijamne i predajne uređaje za fotone koji su sagrađeni na IRB-u. Glavni zadatak studenta/ice će biti eksperimentalno ostvarivanje QKD sifting faze protokola BB84 putem optičkog vlakna, u laboratoriju. Povrh toga, ili kao dio tog zadatka, pristupnik/ca može, u dogovoru s voditeljem, obaviti neke od slijedećih zadataka: 1. osmisliti i implementirati IR i PA protokol(e); 2. ostvariti klasični komunikacijski kanal putem TCP/IP protokola; 3. karakterizirati detektore fotona u prijamnom uređaju; 4. karakterizirati lasere u predajnom uređaju; 5. karakterizirati optički link između predajnog i prijamnog uređaja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mario Stipčević	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Kvantna kriptografija putem optičkog vlakna	
Od pojave masovne rasprostranjenosti umreženih kompjutera, mobilnih komunikacijskih uređaja, prodajnih kasa koje komuniciraju s bankom (POS), bankomata, itd. kriptografska zaštita podataka i komunikacija postala je ključan servis za veliku većinu građana, a kojeg uglavnom nismo ni svjesni. Međutim, takvu je zaštitu u principu moguće probiti, napose nadolazećim kvantnim kompjuterima. S druge strane imamo kvantnu kriptografiju (quantum key distribution - QKD) u kojoj je kibernetička sigurnost komunikacije zagarantirana zakonima kvantne fizike, to jest ne postoji nikakav način dekriptiranja iste. Zadatak je ove diplomske teme ostvariti kvantnu kriptografiju u laboratorijskim uvjetima. Program europske kvantne komunikacijske infrastrukture (EuroQCI), u kojeg je uključena i Hrvatska, predviđa (među ostalima) uspostavu QKD između većih komunikacijskih čvorišta u Europi putem postojećih optičkih vlakana koja se koriste za internet. Stoga ćemo se i mi, u predloženom diplomskom zadatku, orijentirati na kvantnu kriptografiju putem optičkog vlakna, koristeći postojeće prijamne i predajne uređaje koji su sagrađeni na IRB-u. Glavni zadatak studenta/ice će biti generiranje tajnog ključa između prijamnog i predajnog QKD uređaja protokolom BB84, koristeći optičko vlakno kao kanal sa prijenos kvantne informacije, što uključuje i polarizacijsku kontrolu vlakna. Povrh toga, ili kao dio tog zadatka, pristupnik/ca može, u dogovoru s voditeljem, obaviti neke od slijedećih zadataka: 1. izmjeriti vjerojatnost pogreške (različitog bita) u postupku uspostave tajnog ključa; 2. kalibrirati izvore fotona u predajnom QKD uređaju; 3. karakterizirati efikasnost i afterpulsing detektora fotona u prijamnom QKD uređaju; 4. karakterizirati izvore fotona u predajnom QKD uređaju; 5. osmisliti i implementirati (isprogramirati) IR i PA protokol(e).	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Elektroni u suvremenim funkcionalnim materijalima	
<p>Ponašanje elektrona u mnogim suvremenim tehnološki važnim materijalima se ponekad razlikuje od udžbeničkog idealnog plina, bio to idealni plin slobodnih čestica (za metale) ili idealni plin magnetskih momenata (za lokalizirane elektrone u magnetskim materijalima). To može biti posljedica nezasjenjenih kulonskih potencijala u materijalu, ili međudjelovanja vodljivih elektrona sa lokaliziranim kvantnim stanjima. Bitan fizikalni sadržaj ovih problema se može proučavati na pojednostavljenim modelima, od kojih su neki okrenuti tumačenju određenih mjerenih pojava, a drugi rasvjetljavanju pojedinih teorijskih ideja. U širokom rasponu poznatih pristupa, od kojih se neki razvijaju i na Fizičkom Odsjeku u okviru znanstvenih istraživanja, postoje dobre mogućnosti prilagođavanja diplomskog rada interesima i temperamentu pojedinog studenta.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Geometrija valnih funkcija identičnih čestica	
<p>Valne funkcije se obično shvaćaju sa stajališta funkcionalne analize, kao vektori u Hilbertovom prostoru kvantnih stanja. Međutim, čim je broj identičnih čestica veći od jedan, pojavi se i specifična algebarska struktura, koja isti Hilbertov prostor generira kao graduirani modul nad prstenom simetričnih polinoma. Već i veoma mali primjeri 2 do 4 čestice otvaraju niz zanimljivih pitanja međuodnosa ta dva načina gledanja. Ovisno o afinitetu i predznanju studenta, u diplomskom radu bi se načelo neko od tih pitanja, možda i na razini samo jednog konkretnog primjera. Moguća pitanja uključuju: (1) klasifikaciju generatora algebre s obzirom na permutacije (preimenovanja) Kartezijskih osi; (2) korištenje algebarske strukture za nalaženje "dobrih" varijacionih funkcija; (3) vizualizaciju nodalnih hiperploha, tj. geometrijskih mjesta točaka gdje mnogočestična valna funkcija iščezava. (4) Algoritmi za dobivanje generatora.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Neven Šantić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Stvaranje optičkih pinceta prostornom modulacijom svjetlosti	
<p>Optičke pincete (eng. optical tweezers) nastaju snažnim fokusiranjem laserske zrake. Zbog velikog gradijenta intenziteta, polarizabilne čestice (npr. atomi) osjećaju optičku dipolnu silu koja ih privlači prema maksimumu intenziteta. Koristeći zraku dovoljno visokog intenziteta dipolna sila optičke pincete može biti dovoljno snažna da uhvati atome. U budućem radu stroncijevog optičkog atomskog sata na Institutu za fiziku planirano je korištenje mnoštva optičkih pinceta za uhvat atoma kako bi se poboljšala stabilnost frekvencije ovog sata. U sklopu ovog diplomskog rada student će postaviti optički postav te testirati stvaranje proizvoljnog niza optičkih pinceta upotrebom prostornog modulatora svjetlosti (eng. spatial light modulator), dvodimenzijalnog čipa kojim je moguće proizvoljno mijenjati fazu laserske zrake s velikom prostornom rezolucijom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Neven Šantić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Fazna stabilizacija lasera pomoću frekventnog češlja	
<p>Neke od glavnih značajki poluvodičkih lasera s vanjskim rezonatorom (eng. External cavity diode laser, ECDL) su relativno uska spektralna širina i podesivost valne duljine (tunability). Međutim, ECDL laseri su osjetljivi na npr. mehaničke vibracije, promjene u temperaturi, vlažnost zraka, itd., što dovodi do fluktuacija u frekvenciji laserske svjetlosti, kao i dugoročnog frekventnog odmicanja. Cilj ovog diplomskog rada na Institutu za fiziku je frekventna stabilizacija dva ECDL lasera preko optičkog frekventnog češlja koji posjeduje iznimno visoku frekventnu stabilnost. Time će se postići i međusobna fazna stabilizacija ova dva lasera. To će omogućiti opažanje koherentnih efekata između energijski vrlo udaljenih atomskih stanja, kao na primjer između dugoživućih triplet stanja atoma stroncija.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Iva Šrut Rakić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Nano-inženjering naprezanja u 2D materijalima	
<p>Dvodimenzionalni (2D) materijali ponajprije grafen i dihalogenidi prijelaznih metala (TMD) imaju cijeli niz zanimljivih i novih svojstava kao što je iznimna fleksibilnost, čvrstoća, transparentnost, balistička vodljivost, različita elektronska struktura ovisno o broju slojeva itd. Sve to otvara niz potencijalnih primjena što čini područje istraživanja 2D materijala iznimno brzo rastuće i kompetitivno. Posebno je zanimljiv utjecaj naprezanja na 2D materijale gdje ovisno o tipu i jakosti deformacije može doći do pojave 1D vodljivosti, ogromnih pseudo-magnetskih polja većih od 300T, formiranja ravnih vrpca i koreliranih stanja, promijena u veličini i karakteru elektronskog procijepa te lokalnoj promjeni u adsorciji različitih atoma i molekula na takav 2D materijal. U sklopu izrade ovog diplomskog rada provest će se sinteza TMD-a u uvjetima ultravisokog vakuuma, metodom epitaksije s molekularnim snopom (MBE) na podlogama koje u sebi sadrže atomske stepenice preko kojih se 2D materijal može savijati te tako naprezati. Tako dobiven materijal student/ica će karakterizirati koristeći prvenstveno tehnike skenirajuće probne mikroskopije, specifično pretražni tunelirajući mikroskop (eng. scanning tunneling microscope - STM) te mikroskop atomskih sila (eng. atomic force microscope - AFM), kao i napredne električne modove AFMa te u kombinaciji s infracrvenom spektroskopijom (engl. nano Fourier transform infrared spectroscopy - nanoFTIR).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tonči Tadić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Temperaturni profil uzorka grijanog ionskim snopom	
<p>Ionski snopovi koriste se za modifikacije i analize materijala za uporabu u ekstremnim uvjetima, poput fisionuklearnih i fuzionuklearnih reaktora ili svemirskih istraživanja, gdje visoke temperature prate i jako ionizirajuće zračenje. Mjerenje temperature uzorka igra važnu ulogu u proučavanju fizikalnih procesa pri ozračavanju ionima, jer su studije promjena u materijalu uzrokovanih ozračavanjem ionima jako ovisne o temperaturi materijala. Gustoća i intenzitet ionskog snopa, geometrija i metoda ozračavanja ionima (skenirani ili stacionarni snop), te svojstva materijala su ključni u procjeni promjene temperature uzorka pri ozračavanju ionima. U ovom radu će kroz različite eksperimentalne postupke biti istražena mogućnost kvantifikacije efekta grijanja uzorka pri ozračavanju ubrzanim teškim ionima za razne gustoće toka ionskog snopa i na raznim temperaturama uzorka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Korištenje Arduino mikrokontrolera za izvođenje pokusa u fizici	
<p>U sklopu ove teme će se koristiti Arduino mikrokontroleri za izvođenje pokusa u fizici. U tu svrhu će osim kontrolera biti korišteni i različiti dodatni moduli za mjerenje, kao što su senzori temperature, vlage, tlaka, akcelerometri, GPS moduli i slično. Nadalje, za pohranu podataka će se koristiti SD kartice, te moduli za komunikaciju između računala i Arduino mikrokontrolera, kao i između više mikrokontrolera. Studenti će naučiti osnove rada Arduino mikrokontrolera, naučit će spajati dodatne module te programirati mikrokontrolere. Ta znanja i vještine se mogu koristiti za osmišljavanje zanimljivih pokusa za nastavu fizike, ali i za popularizaciju znanosti.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Supravodljivost u specijalno proizvedenim nanostrukturama	
<p>Supravodljivost je jedan od najzanimljivijih i najistraživanijih fenomena u fizici čvrstog stanja. U sklopu ove teme predviđena su istraživanja povezivanja supravodiča s topološkim materijalima i istraživanja nastanka supravodljivosti u perkolacijskom sustavu. Topološki zaštićena površinska i rubna stanja u blizini supravodiča nude uzbudljive mogućnosti za stvaranje niza novijih nanotehnoloških spintronijskih i elektroničkih uređaja, ali kvalitetno povezivanje topoloških materijala sa supravodičima nije trivijalno. Jedna od mogućnosti je da se supravodljivost može „upisati“ u materijal, dopiranjem s rezolucijom litografije s elektronskim snopom. Topološki materijal s mogućnošću „pisanja“ supravodljivosti pruža potencijalno obećavajuću platformu za realizaciju niza topološki zaštićenih supravodljivih uređaja koje je trenutno teško ili nemoguće realizirati. Perkolacija je model neuređenog fizikalnog sustava, recimo mreža nasumično raspoređenih vodiča i supravodiča. Ovisno o vjerojatnosti pojavljivanja jednih i drugih, postoji granica iznad koje će čitav sustav biti supravodljiv. U sklopu ove teme su predviđena istraživanja elektronskih transportnih i magnetotransportnih svojstava specijalno proizvedenih nanostrukture sa svrhom povezivanja supravodiča s topološkim materijalima, te nanostrukture s nasumično raspoređenim supravodljivim nanočesticama, koje će se proučavati na niskim temperaturama do 0.3 K i u jakim magnetskim poljima do 16 T. Studenti će se u ovom radu upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenje magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: dr. sc. Zvonimir Vlah	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
Stohastička teorija polja u kozmologiji	
<p>Suvremena kozmologija obiluje mnoštvom postojećih kao i planiranih opservacija i astronomskih misija. Bogatstvo podataka tih misija omogućiti će nam u skoroj budućnosti kozmološke analize neviđene preciznosti, čiji je cilj približiti se odgovorima na neka od temeljnih pitanja o našem svemiru: - Koji mehanizmi upravljaju širenjem svemira i što je točno tamna energija? - Koja je čestična priroda tamne materije? - Koja je masa neutrina i koja je njihova uloga u formiranju svemira? - Kako izgledaju detalji mehanizma inflacije, koji upravljaju ranim svemirom? Da bismo odgovorili na ta pitanja potrebno je razviti fizikalne metode koje će nam na robustan i kvantitativan način približiti postojeće opservacije teorijskim modelima. Jedan od postojećih teorijskih izazova leži i u činjenici da nam za dane opservable nisu poznati početni uvjeti uslijed kojih promatramo evoluciju svemira. Zbog toga smo primorani na statističku analizu podataka usrednjujući pritom naša teorijska predviđanja po ansamblima raznih početnih uvjeta. Dugodosežna priroda gravitacijskih sila dodatno otežava konstrukciju takvih ansambala i čini je složenim postupkom. Tema ovog diplomskog rada je upoznati se s postojećim metodama stohastičke teorije polja u Gaussovoj aproksimaciji i izračunom korelacijskih funkcija. Zadatak je potom razmotriti metode separacije ansambala u pripadajuće dugovalne (IR) i kratkovalne (UV) doprinose. Svrha takvih separacija leži u mogućnosti korištenja optimalnih teorijskih metoda pri evolucije odgovarajućih korelacijskih skala. Kao primjer može se navesti kozmološka perturbacijska teorija, primjerena za velike kozmološke skale, dok su numeričke simulacije i "lattice" metode primjerene za manje (galaktičke) skale.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zvonimir Vlah	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Efektivna teorija polja formacije kozmoloških struktura	
<p>Formacija struktura velikih kozmoloških skala vrlo je plodno i obećavajuće polje suvremene kozmologije. Tome u prilog svjedoče mnoge postojeće, kao i planirane opservacije i astronomske misije. Te opservacije omogućuju nam da se približimo odgovorima na neka od temeljnih pitanja o našem svemiru; što je tamna materija i tamna energija? Koja je uloga neutrina i lakih relikvijskih čestica u formiranju svemira? Koji mehanizmi upravljaju početnom inflatornom fazom svemira? Razlikuje li se Hubbleov parameter ranih epoha razvoja svemira od onog u kasnijim epohama te koji fizikalni mehanizmi to uzrokuju? Odgovori na ta pitanja utkani su u kozmološke strukture poput kozmičkog mikrovalnog zračenja, vodikovih linija (21cm linije) te distribucije galaksija. Upravo ova posljednja grana pruža izrazito obećavajući pristup u nadolazećem razdoblju zbog bogatstva postojećih i budućih eksperimenata. No da bi bili u mogućnosti iskoristiti podatke treba još prevladati neke od postojećih teorijskih izazova izraženih u činjenici da nam za dane observable nisu poznati početni uvjeti evolucije svemira. Dodatnoj složenosti doprinosi i dugodosežna priroda gravitacijskih sila. Postojeći teorijski okvir koji se bavi ovom problematikom jest efektivna teorija polja formacije kozmoloških struktura. Tema ovog diplomskog rada je upoznati se s postojećim metodama efektivne teorije polja formacije kozmoloških struktura. Zadatak je izvesti predviđanja za korelatore distribucije tamne materije u aproksimaciji jedne petlje perturbacijske teorije u 1+1 dimenzije. Svrha rada je detaljna analiza kontra-članova koji se javljaju kao rezultat interakcije na malim skalama, a posljedica su parametarskog smanjivanja rezolucije sustava (coarse-graining).</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nataša Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Istraživanje optičkih svojstava HfS₂/WS₂ heterostrukture	
<p>Poluvodički materijali iz obitelji dihalogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs) privlače pozornost i veliki interes istraživačke zajednice zbog svojih jedinstvenih fizikalnih svojstava poput postojanja direktnog energetskog procjepa u blizini vidljivog i infracrvenog dijela spektra, zbog čega mogu prilično efikasno apsorbirati i emitirati svjetlost. Dvodimenzionalni (2D) TMDs materijali mogu se prikazati općenitom formulom MX₂, pri čemu M predstavlja neki od prijelaznih metala (Mo, W, itd.), a X jedan od elemenata iz porodice halogenida (S, Se, Te, itd.). Volfram-disulfid (WS₂) je, uz molibden-disulfid (MoS₂), najbolje istražen TMDs materijal dobro poznatih strukturnih i elektronskih svojstava, koji posjeduje jaku ekscitonsku emisiju i jako vezanje spinskih i dolinskih stanja, zbog čega je odličan kandidat za istraživanja spinske i dolinske dinamike u TMDs i njihovim heterostrukturama. Na Institutu za fiziku godinama gradimo ekspertizu u sintezi i sveobuhvatnoj karakterizaciji različitih 2D materijala pa tako i TMDs. Odnedavno, naše eksperimentalne mogućnosti dodatno su osnažene nabavom suvremenog uređaja za istraživanje materijala-pretražnog optičkog mikroskopa bliskog polja (SNOM) koji objedinjuje pretražne probe (mikroskop atomskih sila-AFM) s optičkim probama (optički mikroskop), čime se omogućuje istraživanje optičkog odziva materijala s visokom prostornom razlučivošću. Dodatno, ovaj uređaj omogućuje istraživanje materijala i vremenski razlučivim tehnikama, što daje potpunu optička karakterizacija materijala –njegov stacionarni optički odziv, ali i odziv u uvjetima kada je materijal daleko od ravnotežnog stanja. Student/studentica bi se upoznao/upoznala s tehnikama optičke karakterizacije 2D materijala koje su nam dostupne na Institutu za fiziku (konfokalni Ramanov mikroskop, pretražni optički mikroskop bliskog polja) kako bismo istražili optički odziv ove interesantne heterostrukture koja, zbog svojih elektronskih svojstava, ima potencijal za primjenu kao detektor infracrvenog zračenja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nataša Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marinko Jablan	Institucija: pmf
Postav za stvaranje bijele svjetlosti i njegova karakterizacija	
<p>Istraživanje vremenske dinamike važno je za razumijevanje fizikalnih i kemijskih procesa koji se dešavaju u materijalima nakon međudjelovanja sa svjetlošću. U tu svrhu, na Institutu za fiziku razvijamo optičke tehnike kojima je moguće pratiti vremensku dinamiku procesa na vremenskim skalama kraćim od nekoliko pikosekundi (tzv. pump-probe tehnike). U tu svrhu koristimo femtosekundne (fs) laserske sustave – lasere koji emitiraju laserske pulseve čije je trajanje reda veličine 100 fs. Tehnika koju planiramo razviti je i tehnika tranzijentne apsorpcije (TA) s mogućnošću prostorne razlučivosti koja bi nam omogućila istraživanje uzoraka na mikrometarskoj skali. TA je pump-probe tehnika u kojoj se detektiraju promjene u apsorpciji proučavanog sustava s vremenskom i spektralnom razlučivošću. Tranzijentna apsorpcija koristi jednu fs lasersku zraku stalne valne duljine kao pumpu, a kao probnu zraku koristi širokopojasnu probu – bijelu svjetlost. Generacija bijele svjetlosti je nelinearni proces za koji je potreban fs laser visoke snage i nelinearni prozirni medij, kao što je npr. kristal safira (Al₂O₃). Stvaranje bijele svjetlosti posljedica je samofokusiranja lasera zbog nelinearnog indeksa loma medija kao i samodefokusiranja koji nastaje kao posljedica višefotonske ionizacija materijala. Kao rezultat učinka ova dva suprotna efekta, nastaje zračenje koje ima malu divergenciju snopa. Osim toga, puls svjetlosti prilikom prolaska kroz medij modulira sam sebe (samofazna modulacija) na način da nakuplja nelinearnu fazu proporcionalnu intenzitetu samog pulsa, uslijed čega dolazi do stvaranja novih frekventnih komponenti u spektru pulsa i, posljedično, spektralnog širenja pulsa. Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izgradnji dijela postava za tranzijentnu apsorpciju koji se odnosi na probnu zraku (stvaranje bijele svjetlosti, njeno dovođenje do sustava za detekciju, rasap bijele svjetlosti na detektor i detektiranje pojedinih valnih duljina) te bi sudjelovao u karakterizaciji dobivenog spektra bijele svjetlosti: određivanja spektra bijele svjetlosti, karakterizacija tzv. chirpa bijele svjetlosti koji se uočava prilikom detekcije spektara, a nastaje kao posljedica različitih brzina propagacije svjetlosti različitih valnih duljina kroz optički medij te kalibracije detektora.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Tihomir Vukelja	Institucija: pmf
Radioaktivnost i nuklearna fizika u časopisu Priroda 1911. – 1935.	
<p>Početak prošloga stoljeća radioaktivnost je bila novootkrivena pojava koja se brzo našla u žarištu pozornosti i znanstvene zajednice i opće javnosti. S jedne je strane istraživanje radioaktivnosti dovelo do teorije Rutherforda i Soddyja o preobrazbama atoma, a potom je zračenje radioaktivnih elemenata iskorišteno kao sredstvo kojim je otkrivena atomna jezgra i koje je omogućilo istraživanje strukture jezgre. Radioaktivnost je pritom prepoznata kao posljedica nuklearnih procesa te je tijekom dvadesetih godina XX. stoljeća apsorbirana u nastajuću nuklearnu fiziku. S druge su strane rane primjene radioaktivnosti, napose u medicini, razbuktaile maštu javnosti i potaknule velika očekivanja. U to je doba u Hrvatskoj jedini medij za popularizaciju prirodoslovlja bio časopis Priroda. Časopis Priroda je objavljivalo Hrvatsko prirodoslovno društvo, počeo je izlaziti 1911. godine i izlazio je neprekidno više od jednoga stoljeća. Budući da je Priroda tada bila jedini kanal kroz koji je domaća znanstvena zajednica mogla kontinuirano upoznavati zainteresiranu javnost s rezultatima suvremenih istraživanja radioaktivnosti i atomne jezgre, zanimljivo je pitanje za povijest fizike u Hrvatskoj u kojoj je mjeri i na koji način taj kanal iskorišten. Na to bi se pitanje pokušalo odgovoriti kroz predloženi diplomski rad. Izrada diplomskoga rada bi obuhvatila istraživanje prvih 25 godišta časopisa Priroda (1911. – 1935.) u svrhu identificiranja tekstova u kojima je riječ o odlikama, primjenama i objašnjenju radioaktivnosti i/ili o nekim aspektima nuklearne fizike. Relevantni sadržaj tih tekstova bi se u radu sustavno prikazao te analizirao i komentirao, pri čemu bi se osobita pozornost posvetila smještaju izlaganja i stavova autora tekstova u povijesni kontekst na temelju odabrane literature.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: dr. sc. Goran Zgrablić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Mjerenje lokalne koncentracije fluorescentnog markera unutar nanokapilare pomoću Fluorescencijske korelacijske spektroskopije (FCS)	
<p>Zadnjih godina zanimanje za nanofluidiku doživjelo je snažan procvat. U temeljnim znanostima bitna je za razumijevanje nanobioloških sustava (npr. protein akvaporin) i filtracije, dok u primjenjenim istraživanjima daje smjernice za dizajn novih dijagnostičkih uređaja koji omogućavaju detekciju tek jedne biomolekule, virusa ili bakterije (npr. nanoflow citometrija). Temeljno pitanje je razumjeti kako razni pokretački mehanizmi – električni, hidrodinamički, priroda otopljene tvari i termalni – interagiraju i djeluju na transport fluida kroz jedan nanokanal. Dok se transport iona rutinski mjeri već preko deset godina, maseni transport je tek pred dvije godine uveden među eksperimentalne metode nanofluidike koristeći Fluorescencijsku korelacijsku spektroskopiju (FCS) a kao nanokanal koristio se posebno izrađen nanofluidički silicijski čip. U ovom radu student bi umjesto tog čipa koristio puno jeftinije i lako dostupne staklene nanokapilare koje bi montirao na nanopozicijske aktuatora te potom spregnuo sa FCS invertiranim mikroskopom. Taj sofisticirani optički uređaj, koji je nedavno izgrađen, testiran i kalibriran na Institutu za fiziku, omogućuje mjerenja koncentracije fluorescentnih markera reda veličine nanomola. Rezultati mjerenja omogućili bi prostorno mapiranje te koncentracije blizu zidova nanokapilare (gdje su površinski efekti snažni) i u sredini iste (bulk ponašanje). To je prvi korak ka realizaciji ultrasjetljivog mjerenja masenog transporta fluida kroz lako zamjenjive nanokapilare različitih dimenzija.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Goran Zgrablić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Izrada inovativne Raman sonde za praćenje tijeka mehanokemijskih reakcija s vremenskom rezolucijom kraćom od jedne desetine sekunde	
<p>Mehanokemiju zovu i zelena kemija jer ne koristi organska otapala da bi spojila reaktante već ih spaja mehaničkim procesima u mehanokemijskom mlinu, najčešće njihovim „gnječenjem“ pomoću kuglice koja se sudara sa zidovima reakcijske ćelije. Tijek kemijske reakcije iz reaktanta u produkt/e standardno se prati pomoću Raman spektrometra baziranog na optičkom vlaknu čija se pobudna laserska zraka fokusira na zid te ćelije. No, takav spektrometar ima nedostatak da ima vremensku rezoluciju od barem 5 sekundi što je nedovoljno za praćenje tijeka mnogih kemijskih reakcija. Na Institutu za fiziku razvili smo Raman spektrometar čije su performanse (spektralna rezolucija i osjetljivost) usporedivi sa sofisticiranim komercijalnim Research Grade Raman sustavima a koji su dva reda veličine skuplji, glomazni i vrlo ih je teško upogoniti sa mehanokemijskim mlinom. Student će izgraditi jednostavni optički sustav koji će omogućiti spregu našeg spektrometra sa mehanokemijskom reakcijskom ćelijom koja titra frekvencijom od 30 Hz te tako omogućiti vremensku rezoluciju ispod jedne desetine sekunde.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dijana Žilić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Miroslav Požek	Institucija: pmf
Magneto-strukturne korelacije odabranih kompleksa prijelaznih metala istraživane EPR spektroskopijom	
<p>Elektronska paramagnetska ili spinska rezonancija (EPR ili ESR) jedna je od najvažnijih metoda u fizici čvrstog stanja jer daje uvid u lokalna svojstva paramagnetskih centara i mikroskopsku sliku međudjelovanja u promatranim sustavima. Laboratorij za magnetske rezonancije, jedan od najstarijih laboratorija Instituta Ruđer Bošković, koristeći EPR spektroskopiju kao glavnu eksperimentalnu tehniku, bavi se između ostaloga i istraživanjima magnetskih svojstava kompleksa prijelaznih metala poput jednomolekulskih magneta, koordinacijskih polimera i metalo-organskih mreža (MOF-ova). Tema diplomskog rada bila bi istraživanje novih magnetskih materijala, konkretno kompleksa prijelaznih metala (bakra, mangana, kroma, kobalta, željeza...) EPR spektroskopijom. Iz eksperimentalnih mjerenja, teorijskih modela i simulacije spektara, cilj je dobiti parametre spinskog hamiltonijana (SH) koji opisuju lokalna svojstva paramagnetskih centara te opisati kakvo je međudjelovanje između njih tj. odrediti magnetsko uređenje. Krajnji cilj rada je opisati magnetska svojstva istraživanih kompleksa te u suradnji s kolegama koji se bave rješavanjem strukture i mjerenjima magnetizacije, uspostaviti magneto-strukturne korelacije u novim magnetskim materijalima. Po potrebi, planiraju se napraviti i mjerenja na HF-EPR spektrometrima, koji koriste jaka magnetska polja i visoke frekvencije na Leibniz IFW u Dresdenu.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dijana Žilić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Kvantna koherencija u molekulskim magnetskim spojevima	
<p>Jedan od smjerova razvoja kvantnih kompjutera je korištenje elektronskih spinova u molekulskim magnetskim spojevima u kojima spin potječe od prijelaznih metala, lantanida ili organskih radikala. Prednost u odnosu na druge metode je što se ovi kvantni bitovi (qubiti) mogu dobiti kemijskim molekulskim dizajnom, počevši od planirane sinteze te naknadnom kemijskom modifikacijom. Druga prednost ovakvog pristupa je jednostavno upravljanje elektronskim kvantnim stanjima primjenjujući elektromagnetsko zračenje. Idealna eksperimentalna tehnika je elektronska paramagnetska ili spinska rezonancija (EPR/ESR) koja se pokazala korisnom i u drugim područjima fizike čvrstog stanja, kemiji te biologiji. Naime, pored spomenutog korištenja elektromagnetskog zračenja, impulsne tehnike ESR spektroskopije omogućuju mjerenje relaksacijskih vremena T_1 i T_m. Spin-rešetka relaksacijsko vrijeme T_1 predstavlja vrijeme potrebno da se pobuđeni spin vrati u osnovno stanje, dok vrijeme koherencije ili vrijeme faznog pamćenja T_m predstavlja vrijeme života superpozicijskog stanja prije nego li izgubi kvantnu informaciju. Jedan od kriterija uspješnosti neke realizacije qubita je postizanje što duljih relaksacijskih vremena. Cilj diplomskog rada je eksperimentalno istraživanje kvantne koherencije novih molekulskih spinskih qubita.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Silnice	
<p>Silnice su čest predmet pedagoških demonstracija. One prikazuju određena svojstva vektorskih polja te se s njihovim prikazom upoznajemo još u osnovnoj školi. Specifični primjeri (npr. silnice električnoga polja dvaju točkastih naboja jednakih iznosa) naširoko su poznati i malo tko ih ne bi mogao barem ugrubo skicirati. Međutim, mnogo manje raširenom se čini njihova jasna matematička definicija. Kako bismo ih zapravo računali? Nadalje, silnice su predmet brojnih miskoncepcija. Te pogrešne predodžbe ne postoje samo u "usmenoj predaji", već se naširoko provlače po udžbenicima. U užoj, specijaliziranoj literaturi te miskoncepcije dobro su poznate te je njihov raspon - od banalnih do sofisticiranih - doista impresivan. Tema ovoga rada bit će jasan matematički tretman silnica i adresiranje miskoncepcija vezanih uz njih. Od tehničkih vještina, od studenta se očekuje numeričko rješavanje jednostavnih diferencijalnih jednadžbi u programskome jeziku po vlastitom izboru (i grafičko prikazivanje zanimljivih primjera silnica).</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Parametrizacija rezolucijske funkcije neutronske snopa n_TOF postrojenja	
<p>Rezolucijska funkcija bitno je svojstvo neutronske snopa s n_TOF (neutron time of flight) postrojenja u CERN-u. Ona se mora uzeti u obzir pri analizi eksperimentalnih podataka iz mjerenja rezonanci u udarnome presjeku različitih neutronske induciranih reakcija. Rezolucijska funkcija određuje se detaljnim simulacijama procesa proizvodnje neutrona te se njezina kvaliteta procjenjuje na temelju usporedbe s ograničenim eksperimentalnim podacima. Zbog izrazite računske složenosti tih simulacija, količina simuliranih podataka podložna je značajnim statističkim fluktuacijama te je potrebno prilagoditi te podatke na zaglađenu formu. U suprotnome, izrazite statističke nepouzdanosti simuliranih rezultata propagirale bi se u analizu eksperimentalnih podataka. Sama rezolucijska funkcija je dvodimenzionalna, prekriva širok raspon (redove veličine) u relevantnim varijablama te pokazuje složen oblik koji se mjestimice brzo mijenja, i to u širokom rasponu vrijednosti. Stoga je teško odrediti primjerenu analitičku formu za njezinu prilagodbu. U ovome diplomskom radu istražiti će se alternativne metode njezina zaglađenja, prevenstveno korištenjem strojnog učenja, a po mogućnosti i "hodajućeg" uprosječivanja. Cilj je zaključiti jesu li takve metode kvalitetom usporedive s prilagodbom na složene analitičke forme te mogu li se kao takve koristiti u analizi eksperimentalnih podataka s n_TOF postrojenja.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike</p>	