

Odobrene teme za ak. godinu 2024/2025

Voditelj: Prof. dr. sc. Ana Akrap	Institucija: pmf
Optička vodljivost magnetskog materijala EuPd₂Sn	
Student će savladati metodu mjerenja infracrvene spektroskopije i određivanja optičke vodljivosti uz pomoć Kramers-Kronig transformacija. Student će napraviti niz mjerenja (refleksija, elipsometrija) na magnetskom materijalu EuPd ₂ Sn.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ana Akrap	Institucija: pmf
Rast i infracrvena mjerenja kristala dihalogenida	
Student će se upoznati s metodom sinteze kristala, te će napraviti odabrane kristale dihalogenida. Student će savladati metodu mjerenja infracrvene spektroskopije i odrediti optičku vodljivost uz pomoć Kramers-Kronig transformacija. Student će napraviti niz mjerenja i analizu na odabranom kristalu dihalogenida.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Nasl. doc. dr. sc. Damir Aumiler	Institucija: ifs
Fotonički kristali u atomskoj pari rubidija	
Fotonički kristali su materijali u kojima se indeks loma mijenja periodički u prostoru na mikro i nano skali. Imaju velik značaj u optoelektronici i drugim primjenama u fotonici jer omogućuju moduliranje gibanja fotona. Istovremeno, njihov je značaj velik i u temeljnim istraživanjima budući da je gibanje fotona u materijalu s prostorno periodičnim indeksom loma analogno gibanju elektrona u konvencionalnim kristalima. Postoje razne praktične implementacije – dielektrični i poluvodički fotonički kristali, sustavi spregnutih valovoda, a nedavno su pažnju privukli i fotonički kristali u atomskim parama alkalijskih atoma. Atomski alkalijski sustavi imaju značajnu prednost pred fotoničkim kristalima u čvrstom stanju jer omogućuju rekonfiguraciju svojstava medija, što se postiže putem laserski induciranih atomskih koherencija. Najjednostavniji primjer je optički inducirana rešetka koja nastaje interferencijom dva snažna snopa laserske svjetlosti koji se sijeku pod malim kutom u atomskoj pari rubidija. Probni laser koji se propagira kroz tako pripremljen medij „osjeća“ prostorno periodični indeks loma, što rezultira diskretnom difrakcijom. Uključenjem dodatnih laserskih snopova mogu se stvarati i kompleksne fotoničke strukture u dvije dimenzije. U sklopu diplomskog rada student će se upoznati s konceptom optički induciranih rešetki u atomskoj pari, kvantitativnim opisom optičkih svojstva atomskog medija pod djelovanjem više laserskih izvora pomoću optičkih Blochovih jednadžbi te numeričkim simulacijama propagacije svjetlosti u sustavima s prostorno periodičnim indeksom loma.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ivan Balog	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Opis tjerane čestice u dvostrukoj potencijalnoj jami putem stohastičkih pristupa i pristupa teorije polja	
<p>Proučavanje bistabilnih sustava, poput čestice u dvostrukoj potencijalnoj jami, ključno je u fizici i pojavljuje se u različitim područjima, od statističke fizike do kvantne teorije polja (QFT). Kada je sustav podložen periodičnoj vanjskoj sili i stohastičkoj buci, može pokazivati složene dinamičke fenomene poput preskakanja između stanja, stohastičke rezonancije i metastabilnosti. Razumijevanje takvih procesa od ključne je važnosti za primjene u kondenziranoj tvari, kvantnoj optici i biološkim sustavima. Cilj ovog rada je analizirati dinamičko ponašanje čestice u dvostrukoj potencijalnoj jami iz klasične stohastičke perspektive te razviti opis teorije polja, povezujući različite pristupe nestacionarnim sustavima. Prva faza rada usredotočit će se na klasičnu dinamiku čestice u dvostrukoj potencijalnoj jami pod utjecajem determinističke pobude i slučajne fluktuacije modelirane Gaussovom bijelom bukom. Numeričkim rješavanjem diferencijalne jednadžbe gibanja izračunat će se funkcije korelacije i analizirati odziv sustava na pobudu u frekvencijskoj domeni. Zatim će se problem reformulirati u opis kontinuiranog polja, gdje će se razviti efektivna teorija polja za sustav. Ova metoda povezat će klasične stohastičke procese s Ginzburg-Landauovom teorijom, koja se često koristi za opis faznih prijelaza i kritičnih fenomena. Druga faza rada proširit će model na kvantnu teoriju polja, gdje ključnu ulogu imaju kvantno tuneliranje i instantonska rješenja. Primjenom krivuljnih integrala formulirat će se kvantno efektivno djelovanje sustava te analizirati kako kvantne fluktuacije utječu na preskoke između potencijalnih dolina. Ovakav pristup posebno je relevantan za razumijevanje koherencije i disipacije u kvantnim sustavima, poput Josephsonovih spojeva i kvantnih računala.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ticijana Ban	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Kvantna memorija u toplim parama atoma rubidija	
<p>Kvantne memorije predstavljaju ključnu komponentu kvantnih mreža jer omogućuju privremeno pohranjivanje pojedinačnih fotona, što je neophodno za realizaciju kvantnih repetitora i sinkronizaciju kvantnih mreža i računala. Kvantna memorija temeljena na toplim parama atoma rubidija jedna je od perspektivnih platformi za pohranu kvantnih informacija. Za razliku od memorija temeljenih na hladnim atomima, ionima ili kristalima dopiranim rijetkim zemljama, sustavi s toplim alkalijским parama rade na sobnoj ili blago povišenoj temperaturi. Time se uklanja potreba za kriogenim hlađenjem i ultra-visokim vakuumom, što značajno pojednostavljuje njihovu praktičnu primjenu. Cilj ovog diplomskog rada je razvoj kvantne memorije u toplim parama rubidija. Princip rada memorije temelji se na međudjelovanju lasera i atoma preko mehanizma elektromagnetski inducirane transparencije. U diplomskom radu koristiti će se jako atenuirana laserska svjetlost kao izvor vrlo malog broja fotona koji će se kontrolirano pohranjivati u kolektivna pobudjenja atoma rubidija i na zahtjev otpuštati iz atomske pare. Fotoni koji izlaze iz atomske pare detektirat će se osjetljivim detektorima pojedinačnih fotona. Istražit će se efikasnost memorije i vrijeme skladištenja fotona za različite eksperimentalne parametre. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će se znanja o koherentim efektima uzrokovanim međudjelovanjem lasera i atoma, kao i niz praktičnih znanja povezanih uz atomsku spektroskopiju, frekventnu stabilizaciju lasera, elektroniku te kontrolu i upravljane eksperimentom i analizu i obradu podataka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ticijana Ban	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Istraživanje dinamike hladnih atoma u optičkom rezonatoru pobuđenom optičkim frekventnim češljem	
<p>Hladni atomi smješteni unutar optičkog rezonatora ključni su za napredak kvantne optike i temeljnih istraživanja međudjelovanja atoma i svjetlosti. Optički rezonatori s visokom reflektivnošću omogućuju pojačanje međudjelovanja između atoma i svjetlosti. To otvara mogućnosti za istraživanje kolektivnih i nelinearnih efekata kao što su kolektivni pomak modova optičkog rezonatora, optička bistabilnost te zarobljavanje i hlađenje atoma pomoću optičkog rezonatora. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti dinamiku hladnih atoma i svjetlosnog polja unutar visokorefleksivnog optičkog rezonatora. Hladni atomi rubidija bit će generirani u magneto-optičkoj stupici (MOT) i smješteni u središte optičkog rezonatora, koji će se pobuđivati optičkim frekventnim češljem u longitudinalnoj geometriji. Istražit će se mehanizmi gubitka atoma iz MOT-a u slučajevima kada atomi međudjeluju samo s jednim ili s više modova frekventnog češlja istovremeno. Dodatno, ovaj diplomski rad uključuje razvoj i karakterizaciju optičkog rezonatora koji će omogućiti pobuđenje atoma frekventnim češljem u transferzalnoj geometriji, što je ključno za eksperiment hlađenja atoma putem optičkog rezonatora. Tijekom diplomskog rada usvojit će se znanja o laserskom hlađenju i zarobljavanju i međudjelovanju atoma i svjetlosti unutar optičkog rezonatora. Osim toga, usvojit će se niz praktičkih znanja povezanih uz atomsku spektroskopiju, frekventnu stabilizaciju lasera, karakterizaciju hladnih atoma, vezanje svjetlosti u optički rezonator, kao i kontrola i upravljane eksperimentom te analiza i obrada podataka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Pedrame Bargassa	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Development of a multi-class neural network for the search of scalar top quark decaying to four particles	
<p>The proposed master thesis concerns the search of new physics beyond the Standard Model (SM) of particle physics with the data of the LHC collider. It aims at developing new Machine Learning approaches in the search for new particles predicted by Supersymmetric theories. During this thesis, the student will work on the development of a multi-class Neural Network (NN) for the classification of the signal of the lightest scalar top quark (stop) versus various background processes of the SM. The signal will be considered in the four-body decay mode, and in a final state with one lepton (either a muon or an electron), jets and missing transverse energy. The thesis has three steps. In a first step, the student will study the impact of new discriminating variables on the performance of the NN classifier. In a second step, which will be the main part of the thesis, the student will transform the present multi-class classifier into a deep NN. This step consists in providing more basic information to the NN while deepening it by adding more hidden layers, where a deeper NN can be anticipated to yield a better classification of the signal versus the SM background. Finally, the student will put in place the code for a simultaneous fit of the data by the simulated NN output distributions at the various NN outputs, each being enriched by various processes including the signal and different SM backgrounds.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Numeričko rješavanje vremenski ovisne jednodimenzionalne Schrödingerove jednadžbe	
<p>Cilj ovog rada je razvoj Pythonovog modula za numeričko rješavanje jednodimenzionalne vremenski ovisne (jednočestične) Schrödingerove jednadžbe u programskom jeziku Python. Koristila bi se varijanta tzv. Visscherovog[1] numeričkog algoritma - jednostavnog i brzog algoritma koji omogućuje korištenje samo realnih brojeva. Krajnji cilj je izrada animacija vremenskih ovisnosti gustoće vjerojatnosti za razne potencijale (ekzaktno i neegzaktno rješive), u programskom paketu Jupyter[2]. Od diplomanda se očekuje srazmjerno dobro poznavanje programskog jezika Python. [1] P. B. Visscher, Comp. Phys. 5(6), 596 (1991) [2] https://jupyter.org/</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	

Voditelj: Prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Tanki filmovi odabranih materijala	
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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Distribucije kvarkova mora	
Moderni opis strukture protona zasniva se na partonskim distribucijskim funkcijama i na raznim proširenjima čiji je zadatak pružiti cjeloviti opis protona u vidu longitudinalnog impulsa, poprečnog impulsa kao i prostorne raspodjele partona unutar protona. U literaturi se koristi slijedeći naziv: proširene distribucijske funkcije poprečnog impulsa (eng. Generalized Transverse Momentum Distributions - GTMDs). U ovom diplomskom radu student bi se usredotočio na izračun na jednoj petlji određenih slabije poznatih GTMD-ova kvarkova mora koji dominiraju na malim udjelima impulsa. Fizikalna motivacija je poveznica tih GTMD-eva s orbitalnim angularnim momentom zbog čega su nam važne pri razumijevanju dekompozicije spina protona.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Mjerenje homogenosti apsorbirane doze u krvnim pripravcima zračenim rendgenskimozračivačem	
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 koji koristi rotirajući cilindar kao spremnik za krvne pripravke koji se ozračuju. Kao izvor ionizirajućeg zračenja se upotrebljava rendgenska cijev 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 provest 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. 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. 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. 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	

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Dozimetrijska provjera planova zračenja dojke na prstenastom koplanarnom linearnom akceleratoru	
<p>Novi tip linearnog akceleratora (Halcyon) dizajniran je za učinkovitu radioterapiju uz mogućnost velikog protoka pacijenata na terapiji i pojednostavljeni radni tijek. Halcyon je zatvoreni akceleratori sustav s otvorom promjera 100 cm i jednoenergijskim snopom fotona nominalnog ubrzavajućeg potencijala 6 MV (6 MV energije), bez filtera za ravnjanje (engl. flattening filter free) i s maksimalnom veličinom radioterapijskog polja od 28 x 28 cm². Tradicionalni planovi zračenja tumora dojke na linearnom akceleratoru "C-luka" obično se rade fotonima energije 6 MV ili miješano s višim energijama snopova zračenja. Proširena polja zračenja se također mogu planirati s jednim izocentrom snopa zbog veće maksimalne veličine polja u usporedbi s HalcyonTM akceleratorom. Radioterapiji prethodi izrada plana zračenja na modelu pacijentice dobivenom provođenjem slikovnog postupka računalne tomografije (engl. computed tomography). Zračenje se može provoditi nakon dozimetrijske provjere kvalitete plana zračenja prije kliničke uporabe. U ovom radu će se provesti i analizirati provjere niza planova zračenja, onih planiranih i provedenih tehnikom radioterapije modularnog intenziteta (IMRT) i drugih, planiranih volumetrijskom modularnom lučnom terapijom (VMAT). Za provjeru planova upotrijebit će se matični detektor cilindričnog oblika (ArcCHECK) i elektronički slikovni portalni uređaj (engl. electronic portal imaging device). Usporedba izračunatih i mjerenih raspodjela apsorbiranih doza provest će se tzv. gama analizom, te će se raspraviti prednosti i nedostaci navedenih postupaka provjere. Zbog problema s veličinom polja, istražiti će se nova tehnika planiranja radioterapije dojke sa supraklavikularnom regijom, s dva izocentra. S obzirom na divergenciju snopova u planiranju je potrebno provesti tzv. "razmazivanje" apsorbirane doze koje se provodi uključivanjem posebnih optimizacijskih funkcija (engl. autofeathering) u računalnom sustavu za planiranje Eclipse. Mjerenje raspodjele doze će se izvesti upotrebom Semiflex ionizacijske komorice volumena 0.125 cc u antropomorfnom fantomu u nekoliko mjernih točaka. Rezultati mjerenja će se usporediti s izračunom u računalnom sustavu za planiranje radioterapije. Sva mjerenja i izrada planova će se provesti u Kliničkom bolničkom centru Zagreb u Klinici za onkologiju na linearnom akceleratoru Halcyon i u računalnom sustavu za planiranje Eclipse. Prilikom izrade diplomskog rada, student će se upoznati s osnovama dozimetrije ionizirajućeg zračenja, primjenom različitih vrsta dozimetara, načelom rada linearnog akceleratora i osnovama planiranja radioterapije vanjskim snopovima zračenja.</p>	
<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</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Karakterizacija energijskog odziva optički stimuliranog luminiscentnog dozimetra u radioterapiji	
<p>Optički stimulirani luminiscentni dozimetri se upotrebljava u dozimetriji radioterapijskih fotonskih snopova. Ovi dozimetri pokazuju energijsku ovisnost, pa je za točnu dozimetriju potrebna ocjena energijske korekcije kada se on upotrebljava u snopovima fotona različitih energija. To je faktor kojeg je moguće dobiti iz poznavanja relativnog odziva dozimetra na standardnoj kvaliteti fotonskog snopa (npr. Co-60). Korekcijski faktori se mogu mjeriti ili dobiti Monte Carlo (MC) simulacijama. U ovom radu će se Burlinovom teorijom šupljine ocijeniti energijska ovisnost (izračunati korekcijski faktori) komercijalno dostupnog dozimetra temeljenog na Al₂O₃:C materijalu. Rezultati dobiveni za različite modele dozimetara koji oponašaju komercijalni dozimetar (npr. šupljina koja ima isti volumen kao i stvarni dozimetar u obliku kvadra) će se usporediti s dostupnim rezultatima mjerenja i MC simulacija u opsegu energija (npr. 100 keV - 10 MeV) fotonskog snopa. Proučit će se također i ovisnost energijskog odziva o fotonskim spektrima koji su dobiveni MC simulacijama iz literature za izabrani model linearnog akceleratora, određenu veličinu polja zračenja, dubinu u fantomu i udaljenost od središnje osi. Dobiveni relativni energijski odziv će se usporediti i s odzivom nekog sličnog dozimetra poput termoluminiscentnog (TL), litij fluorid (LiF) dozimetra, koji se upotrebljava u istim primjenama. Rezultati ovih računa bi trebali pokazati koliko dobro račun temeljem Burlinove teorije šupljine može dati predikciju energijske ovisnosti dozimetra uz dobro poznavanje energijskih spektara i koliko su dobiveni rezultati usporedivi s rezultatima MC simulacija i mjerenjima energijske ovisnosti dozimetra, velike točnosti. Student će u izradi diplomskog rada ponoviti osnovna međudjelovanja fotona i elektrona s materijom, upoznati nastanak i glavna svojstva fotonskih snopova proizvedenih linearnim akceleratorima i terapijskim rendgenskim uređajima, osnove teorije šupljine i njezinu ulogu u dozimetriji fotonskih snopova te upoznati načela Monte Carlo simulacija.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Neven Tomičić	Institucija: pmf
Spektralna analiza haloa X-zračenja sa Swift satelita	
<p>Fotoni X-zračenja iz visokoenergetskih izvora kao što su ekstragalaktički bljeskovi gama-zračenja (eng. gamma-ray bursts, GRBs) mogu biti raspršeni na slojevima prašine u nasoj Galaksiji, stvarajući halo centriran na poziciji bljeska. Opažanja X-zračenja ovih izvora omogućuju mjerenje udaljenosti do sloja prašine na kojem se desilo raspršenje. U predloženom radu bi se reanalizirali spektri prstenova X-zračenja opaženih sa instrumentom XRT (X-Ray Telescope, 0.2-10 keV) sa satelita Swift. Uključujući različite modele za sastav prašine i za distribuciju veličine čestica na kojima se dešava raspršenje, može se odrediti točan nagib niskoenergetskog spektra u području X-zračenja. Ovaj dio spektra je ključan za točno određivanje spektra bljeska gama-zračenja (koji se proteže od keV to GeV područja) i limitiranje teorijskih modela promptnog zračenja ovih događaja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Neven Tomičić	Institucija: pmf
Detekcija novih haloa X-zračenja sa Swift satelita	
<p>Fotoni X-zračenja iz visokoenergetskih izvora kao što su ekstragalaktički bljeskovi gama-zračenja (eng. gamma-ray bursts, GRBs) mogu biti raspršeni na slojevima prašine u nasoj Galaksiji, stvarajući halo centriran na poziciji bljeska. Opažanja X-zračenja ovih izvora omogućuju mjerenje udaljenosti do sloja prašine na kojem se desilo raspršenje. Do danas je detektirano samo 8 bljeskova sa pridruženim prstenovima X-zračenja, unatoč visokom broju (>1000) opaženih bljeskova sa satelitima Compton Gamma-Ray Observatory, Swift i Fermi. U radu bi se odredili uvjeti koji omogućuju detekciju haloa (bazirani na sadašnjim opažanjima ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja), te bi se analizirao katalog instrumenta XRT (X-Ray Telescope, 0.2-10 keV) sa satelita Swift uz korištenje 3D mapa ekstinkcije prašine baziranih na optičkim i IR opažanjima. Kombinacija ovih podataka iz različitih područja energije bi omogućila pronalaženje novih haloa, te određivanje udaljenosti slojeva prašine u galaksiji na kojima se dešava raspršenje.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Dizajn fotoničkih sustava korištenjem strojnog učenja	
<p>Razvoj umjetne inteligencije ima značajan utjecaj na dizajn novih materijala sa predodređenim željenim svojstvima. To je imalo utjecaj i na razvoj novih fotoničkih struktura. Na primjer, dubokim učenjem mogu se dizajnirati materijali sa predodređenim tipom spektra svojstvenih vrijednosti modova. U okviru ovog diplomskog rada, metode umjetne inteligencije će biti korištene za dizajn fotoničkog sustava u dvije prostorne dimenzije sa predodređenim spektrom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Utjecaj višestrukih rezonancija na dinamiku višestruke lokalizacije	
<p>Višestruka lokalizacija (kratica MBL od eng. many-body localization) kvantni je fenomen u kojem jednodimenzionalni interagirajući sustavi ne dosežu termodinamičku ravnotežu. Ovakva lokalizacija nastaje kombinacijom interakcija među česticama i vanjskog neuređenog nasumičnog ili uređenog kvaziperiodičnog potencijala, a očituje se sporim rastom kvantne isprepletenosti i odsutnošću difuzije čestica. Nedavno je nekolicina numeričkih istraživanja na neuređenim lancima opazila spori rast entropije broja čestica između različitih dijelova lanca, sugerirajući sporu difuziju čestica, te dovela u pitanje postojanje MBL faze u takvim sustavima. Spori rast entropije broja čestica je potom objašnjen pojavom nasumičnih rezonanci u neuređenom potencijalu, koje dopuštaju lokalnu difuziju čestica, čuvajući ostatak lokaliziranog sustava netaknutim. Iako je debata oko rasta entropije broja čestica u nasumičnim sustavima donekle riješena, malo je poznato kakav je utjecaj rezonancija u kvaziperiodičnim sustavima. U ovom diplomskom radu ćemo teorijski proučavati sustav interagirajućih čestica pod utjecajem kvaziperiodičnog Aubry-André potencijala. Spomenuti potencijal ima točke približne zrcalne simetrije koje rezultiraju pojavom beskonačno mnogo rezonancija. Cilj projekta je istražiti da li takve rezonancije uzrokuju difuziju čestica koja bi bila inkompatibilna s lokalizacijom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Roberto Cerbino	Institucija: ext
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Connecting microscopic dynamics, structural rearrangements, and rheological properties in soft materials	
<p>Understanding how microscopic dynamics and structural rearrangements influence the rheological properties of soft materials is a central question in soft matter physics. This knowledge is key for both advancing fundamental science and designing materials with optimized performance. In this project, the student will investigate these phenomena through rheo-microscopy, which integrates microscopy and simultaneous rheological measurements. Microscopy will reveal real-time structural changes and particle-scale dynamics, while rheological experiments will quantify the materials' response under varying stress and strain. Complementary techniques, including particle tracking and differential dynamic microscopy (DDM), will provide multi-scale analyses of motion across different timescales and length scales. The objective is to establish quantitative links between microstructural rearrangements and macroscopic rheological behavior, uncovering the mechanisms governing flow and deformation in soft materials. This interdisciplinary research integrates experimental physics, statistical analysis, and advanced imaging techniques, with potential implications for industrial applications in material formulation and processing.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Beskonačne/kontinuirane reprezentacije Poincaréove grupe	
<p>Cilj je proučiti modele koji opisuju tzv. beskonačne/kontinuirane reprezentacije Poincaréove grupe za bezmasene čestice. To su reprezentacije u kojima je kvadrat vektora Pauli-Lubanskog različit od nule. One se obično ne razmatraju zbog postojanja problema u formulaciji, te zbog činjenice da bezmasene čestice dobro opisujemo uobičajenim reprezentacijama u kojima je kvadrat vektora Pauli-Lubanskog jednak nuli. Zbog općenitog teorijskog interesa, a svakako i u kontekstu istraživanja tamne materije, postoji potreba za nalaženjem boljih formulacija za takve čestice. Kao tema bi se mogao razmatrati primjerice jedan od sljedećih aspekata: formulacija (npr. https://arxiv.org/abs/1302.1198), moguće korekcije na QED (https://arxiv.org/abs/2308.16218), problem s beskonačnim toplinskim kapacitetom (https://arxiv.org/abs/2406.14616).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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 egzaktni kvantnomehanički 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 odabrane molekule, 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 mikrokantonskom ansamblu, te brzine tuneliranja kroz neadijabatske barijere).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

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 supstitucijama). 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.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Matija Čulo	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Efekti pamćenja i starenja u oksidima mangana	
<p>Oksidi mangana (manganiti) su nedvojbeno jedni od najintrigantnijih materijala u fizici kondenzirane materije koji se intenzivno istražuju već više od 30 godina. Veliki interes za ovim materijalima je potaknulo otkriće slavnog kolosalnog magnetootpora – enormnog povećanja električne vodljivosti u magnetskom polju, koji je osim fundamentalne važnosti, uskoro prepoznat i kao veliki potencijal za primjenu, posebno za pohranu računalnih podataka. U svrhu boljeg razumijevanja ovog neobičnog ponašanja, naša grupa se veći dugi niz godina bavi detaljnim istraživanjem vodljivih svojstava manganita mjerenjima električne otpornosti na vrlo niskim temperaturama i u visokim magnetskim poljima. Naša najnovija mjerenja ukazuju na prisustvo dodatnih egzotičnih fenomena: ovisnost električne otpornosti o povijesti mjerenja i ovisnost o vremenu na skalama koje premašuju starost svemira. Drugim riječima, materijal kao da pokazuje znakove 'starenja' te 'pamti' svoju prošlost. Da bismo detaljno istražili ove vrlo neobične pojave, u ovom diplomskom radu predlažemo provedbu sistematičnih mjerenja električne otpornosti u visokim magnetskim poljima na odabranim uzorcima manganita koja će se provesti na postavi za magnetotransportna mjerenja kućne izrade u rasponu temperatura 5-300 K i u magnetskim poljima do 5 T. Uz samu tehniku mjerenja električne otpornosti, student će se u ovom radu upoznati i s tehnikama postizanja vrlo niskih temperatura koje uključuju rad s kriogenim tekućinama i tehnikama postizanja visokog vakuuma.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Iva Dasović	Institucija: pmf
Model nastanka tektonskog potresa u nastavi fizike	
<p>Tektonski potresi su prirodne pojave, a umjereno snažni i snažni potresi imaju izravan utjecaj na ljudske živote. U hrvatskom obrazovnom sustavu obrađuju se prvenstveno u sklopu predmeta geografije, dok se u nastavi fizike od seizmološke tema najčešće obrađuju seizmički valovi i građa unutrašnjosti Zemlje – i to kao dodatan, odnosno neobavezan, sadržaj. U radu će se proučiti modeli nastanka tektonskog potresa, istražiti način kako ih uklopiti u postojeće građivo fizike u osnovnim i srednjim školama, razraditi koncepte i pokuse te ponuditi osmišljeni gotovi nastavni sadržaj. Svrha je istražiti i ponuditi rješenje kako oplemeniti nastavu fizike i istovremeno educirati djecu i mlade o važnoj temi potresa te time utjecati na smanjenje potresne ugroženosti.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Yuriy Dedkov	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Electronic structure of Cr₂X₂Te₆ (X: Si, Ge) from NEXAFS and resonant photoelectron spectroscopy	
<p>Low-dimensional and layered ferromagnetic insulators or semiconductors are of great interest not only in spintronics, but also in realizing novel topological quantum states. Moreover, the layered ferromagnetic insulator can be used to control the helical Dirac cone surface state in the three-dimensional topological insulator. Here, Cr₂X₂Te₆ (X: Si, Ge) are the rare ferromagnetic insulators with a layered structure [1,2]. There were several works on these compounds studying the low-energy excitation spectra and the dispersion of the electronic states. However, so far, there are no experimental analysis on the element and orbital contributions to the electronic states around the band gap of Cr₂X₂Te₆. The topic of the proposed MSc thesis is to study the temperature evolution of the electronic and magnetic structures of the layered vdW materials Cr₂X₂Te₆ using spectroscopic techniques, NEXAFS and resonant photoelectron spectroscopy (see Ref. 3 for several representative examples on the application of these techniques to layered insulators and semiconductors). Due to the element and orbital selectivity of these methods, the detailed information on the partial contributions for the occupied and unoccupied electronic states can be obtained. This MSc project includes (1) synthesis of materials, (2) characterization of the obtained layered crystals using laboratory-based techniques and (3) experiments at the synchrotron facilities followed by the data analysis and interpretation. The respective support by the partners from the theoretical group is provided. [1] C. Gong et al., Nature 546, 265 (2017). [2] R. Fujita et al., 2D Mater. 9, 045007 (2022). [3] Y. Dedkov et al., Electron. Struct. 5, 043001 (2023).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Damir Dominko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Dinamika električne polarizacije magnetoelektrika	
<p>Magnetoelektrično vezanje u materijalu omogućava pojavu električne polarizacije primjenom magnetskog polja i obratno, magnetsku polarizaciju primjenom električnog polja. Stoga su ovakvi materijali su pogodni za razvoj npr. senzora, aktuatora ili računalne memorije. Fundamentalna ispitivanja mikroskopskih elektronskih međudjelovanja u kristalnoj rešetki uključuju proučavanje feroelektričnih, P-E, histereza i usporedbu rezultata s numeričkim simulacijama. U materijalima poput antiferomagneta Cu₃TeO₆, -TeVO₄, ili obitelj R₂CuO₄ feroelektričnost je posljedica promjene magnetskih svojstava odnosno magnetske simetrije u kristalu u prisustvu magnetskog polja. Ovaj diplomski rad bit će fokusiran na proučavanje dinamike električne polarizacije promatranjem P-E histereza u širokom pojasu frekvencija električnog polja pobude. Odabrani multiferoični materijal ohladit će se na niske temperature uz primjenu jakih električnih i magnetskih polja. Ishod diplomskog rada će biti samostalnost studenta u prikupljanju i analizi podataka, obuka korištenja kriostata (za postizanje niskih temperatura) i supravodljivih magneta. Koristit će se postav za mjerenje električne polarizacije Sawyer-Tower metodom. Dobivenim rezultatima namjeravamo upotpuniti razumijevanje već izučavanih magnetoelektrika.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Damir Dominko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Postav za vremenski razlučivu spektroskopiju u THz području frekvencija	
<p>Ultrabrzni laseri omogućuju optičku pobudu i praćenje stanja sistema u femto- i piko- sekundnoj vremenskoj domeni. Na taj način moguće je uspostaviti spektroskopsku tehniku u THz području frekvencija uz informacije o fazi oscilatora i vremenskoj dinamici gušenih modova. One su nedostupne konvencionalnim tehnikama koje koriste kontinuirano zračenje (npr. infracrvenom i Raman spektroskopijom). Kratki pulsevi nam omogućuju i da sistem snažno pobudimo te time potaknemo netermički fazni prijelaz, ponekad i u skriveno stanje koje je nedostupno u termodinamičkoj ravnoteži uzorka. U diplomskom radu student će se susresti s izgradnjom jednog od postava: vremenski razlučiva optička pump-probe tehnika ili THz spektroskopija u vremenskoj domeni. Obje tehnike su stroboskopske i baziraju se na istom osnovnom principu: jedan laserski puls pobuđuje a drugi prati promjenu, u funkciji vremena. U prvoj tehnici pobuđujemo uzorak a pratimo reflektivnost uzorka. U drugoj tehnici pobuđujemo nelinearni kristal, da dobijemo THz puls koji prolazi kroz uzorak, a pratimo jačinu transmitiranog električnog polja kroz uzorak. Također, ove dvije tehnike su komplementarne jer prvom dobivamo odgovor od Raman aktivnih modova a drugom od infracrveno aktivnih modova. Nakon izgrađenog postava snimit će se odgovor jednog od uzoraka na niskim temperaturama u optičkom kriostatu. Ishod diplomskog rada će biti samostalnost studenta u radu s laserom, optikom i opto-mehanicom, prikupljanju i analizi podataka i obuka korištenja protočnog optičkog kriostata i tekućeg helija. Dobivenim rezultatima namjeravamo upotpuniti razumijevanje već postojećih istraživanja ili izučiti novi sistem.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Goran Duplančić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Funkcija strukture prijelaza piona u perturbativnom QCD-u	
<p>Funkcija strukture prijelaza piona ima važnu ulogu u proučavanju QCD predviđanja ekskluzivnih procesa. Pojavljuje se u amplitudi procesa koji povezuje dva (općenito virtualna) fotona i pion. Specifičnost tog procesa je da je vodeći doprinos perturbativnog razvoja nultog reda u QCD konstanti vezanja i za očekivati je da je perturbativni QCD primjenjiv za eksperimentalno dostupne virtualnosti fotona. U okviru diplomskog rada određivat će se radijativne korekcije u redu do vodećeg tj. na nivou jedne petlje. S obzirom da je sama struktura procesa jednostavna i račun na nivou jedne petlje nije prezahtjevan, proces je idealan za usvajanje principa perturbativnog QCD-a i računa jednopetljenih Feynmanovih integrala te je zanimljiv kao tema diplomskog rada. Posebice stoga što uključuje i donekle kontroverznu temu tretiranja γ_5 matrice u okviru dimenzionalne regularizacije.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Podloge za neuromodulaciju i aksonalno vođenje	
<p>Modulacija funkcije neurona, živaca i središnjeg živčanog sustava električnim strujama uključuje mjerenje njihove aktivnosti i primjenu kratkih pulsova s povratnom vezom. Prethodna istraživanja pokazala su da se neurostimulacija može ostvariti bežičnim opto-bioelektroničkim elementima – fotokondenzatorima, koji rade na principu fotonaponskih elemenata u elektrolitskom okruženju. Kao što kemotropizam (utjecaj kemijskih signala) regulira rast aksona, galvanotropizam, odnosno utjecaj vanjskog električnog polja, također može usmjeriti njihov rast, što ima potencijal u regeneraciji živčanih puteva nakon ozljeda. Osim toga, ova tehnologija otvara mogućnosti za izradu živih neuralnih mreža integriranih s računalnim sustavima. Istraživanja su usmjerena u dva smjera. Prvi smjer proširuje paradigmu bežične neurostimulacije dodavanjem mogućnosti praćenja električne aktivnosti stanica korištenjem fotovodljivosti organskih poluvodiča. Strukturiranim projiciranjem svjetlosti na organsku foto-elektrodu stvara se virtualna elektroda za snimanje izvanstraničnih potencijala, što omogućuje slobodan odabir stanica ili dijelova tkiva te praćenje mreža neurona u realnom vremenu. Kombinacijom ovih pristupa nastoji se uspostaviti univerzalna, minimalno invazivna i bežična platforma za elektrofiziologiju. Drugi smjer fokusira se na izradu, karakterizaciju i numeričko modeliranje supstrata s mikro-topografskim i galvanotropskim naznakama. Laserska ablacija femtosekundnim laserom koristi se za mikrostruktuiranje, dok se galvanotropne naznake uvode nanošenjem fotolitografski strukturiranih foto-kondenzatora. Izrađene podloge biti će karakterizirane i numerički modelirane uz pomoć COMSOL Multiphysics. Tema je prikladna za više diplomskih radova s mogućnošću fokusa na eksperimentalni ili numerički dio, pri čemu su poznavanje Pythona te iskustvo s FEM simulacijama i COMSOL-om poželjni.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Primjena kvantitativne LIBS analize bez kalibracije	
<p>Laserom potaknuta spektroskopija emisije (LIBS) predstavlja modernu analitičku tehniku koja omogućuje brzo i učinkovito određivanje elementarnog sastava različitih uzoraka. Jedna od ključnih prednosti ove metode je njena sposobnost analize bez potrebe za opsežnom pripremom uzoraka. Međutim, tradicionalna LIBS analiza zahtijeva kalibraciju s referentnim materijalima, što može ograničiti njenu primjenjivost u industrijskom i istraživačkom kontekstu, osobito kada su potrebni teško nabavljivi standardi. Unatoč rastućoj popularnosti LIBS-a, nedostatak metoda koje omogućuju točne kvantitativne analize bez kalibracije ograničava širenje ove tehnike u područjima poput industrijskog nadzora kvalitete i okolišne analitike. Razvoj i validacija metoda bez kalibracije ključni su za povećanje primjenjivosti LIBS-a i njegovo uvođenje u scenarije gdje kalibracijski uzorci nisu dostupni ili su preskupi. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti mogućnosti primjene LIBS analize bez kalibracije koristeći napredne metode obrade podataka, uključujući korištenje unutarnjih standarda i primjenu algoritama za kvantitativnu analizu temeljenu na relativnim intenzitetima linija. Poseban naglasak stavit će se na evaluaciju preciznosti i točnosti metoda u odnosu na kalibracijski pristup, kao i na analizu raznolikih materijala poput metala, legura i bioloških uzoraka. Student će detaljno proučiti teorijske osnove LIBS analize, uključujući spektroskopiju, interakciju lasera i materijala te fizikalne osnove emitiranog spektra, te ovladati radom s LIBS instrumentom i softverima za obradu podataka. Očekuje se da će ovaj rad doprinijeti razumijevanju mogućnosti i ograničenja LIBS analize bez kalibracije te otvoriti prostor za primjenu ove metode u širokom spektru znanstvenih i industrijskih disciplina.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Evaluacija supstrata za apsorpciju tekućih uzoraka u kvantitativnoj LIBS analizi	
<p>Kvantitativna analiza primjenom laserski potaknute emisijske spektroskopije (LIBS) zahtijeva pouzdanu pripremu uzoraka kako bi se osigurala točnost i reproducibilnost dobivenih rezultata. U slučaju tekućih uzoraka, ključnu ulogu igra odabir odgovarajućeg supstrata koji može apsorbarati tekućinu i zadržati njezin elementarni sastav, bez značajnog utjecaja na proces ablacije i spektar emisije. Trenutno dostupni supstrati, poput filter papira, celuloze ili sintetičkih materijala, često se susreću s izazovima poput nejednolike raspodjele uzorka, reakcije s komponentama uzorka te varijabilne apsorpcije energije lasera. Potreba za sustavnim istraživanjem novih materijala za supstrate, koji su inertni, ravnomjerno apsorbaraju tekućine i omogućuju stabilne emisijske signale, ključna je za unapređenje ove metode. Cilj diplomskog rada je usporediti različite vrste materijala koji se mogu koristiti kao supstrati za apsorpciju standardiziranih vodenih otopina soli u kvantitativnoj LIBS analizi. Fokus je na procjeni sposobnosti materijala da ravnomjerno apsorbaraju uzorke, zadrže elementarni sastav uzorka i osiguraju ponovljive rezultate. Student će provesti pregled literature o postojećim materijalima koji se koriste kao supstrati za apsorpciju tekućih uzoraka u LIBS analizi, uključujući njihove prednosti i nedostatke, te odabrati nekoliko potencijalnih novih materijala (npr. filter papir različite poroznosti, polimerne membrane, sintetičke materijale ili bio-kompatibilne supstrate) za testiranje; pripremiti standardizirane uzorke (vodene otopine raznih soli) te provesti ispitivanje apsorpcije na odabranim supstratima; izvršiti LIBS analizu apsorbaranih uzoraka, analizirati spektre s naglaskom na intenzitet signala, pozadinski šum i reproducibilnost, te usporediti učinkovitost različitih supstrata i predložiti najbolji materijal za određene primjene u kvantitativnoj LIBS analizi. Diplomski rad doprinosi razvoju LIBS tehnologije, koja nalazi široku primjenu u znanosti, industriji i okolišnim istraživanjima, s posebnim fokusom na optimizaciju analize tekućih uzoraka u kontekstu praktične primjene.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Fabio Franchini	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Topological Frustration and spin chains	
<p>Topological frustration is a recently discovered phase of quantum matter with peculiar behaviors that are puzzling and yet promising for technological exploitation. It arises when geometrical frustration (a classical phenomenon due to the impossibility of aligning in an anti-parallel way an antiferromagnetic system) is paired with quantum interactions. In this work, the student will expand on recent results concerning a spin chain model (the ANNNI chain) to explore and characterize the whole phase diagram of the model and the various ways in which topological frustration can be introduced. Depending on the inclination and abilities of the student, this project can be implemented with a mixture of numerical and analytical methods.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Elektrodezintegracija jezgre ^{16}O u astrofizički relevantnom području energija	
<p>Kod modeliranja nukleosinteze u masivnim zvijezdama izvor najveće nepouzdanosti je nepouzdanost udarnog presjeka fuzije jezgre ^4He i ^{12}C u ^{16}O, koja se iz faze gorenja helija propagira u danje faze gorenja, pa sve do smrti same zvijezde. Navedeni udarni presjek je u astrofizički relevantnom području energija (300 keV) jako mali, stoga se obično mjeri na višim energijama, te se onda ekstrapolira do energije 300 keV, a takav postupak uzrokuje veliku nepouzdanost. Ovom problemu moguće je doskočiti da se umjesto direktne reakcije mjeri inverzna reakcija, ili fotodezintegracija ^{16}O, ili elektrodezintegracija ^{16}O. Diplomski rad fokusirao bi se na reakciju elektrodezintegracije ^{16}O koja do sada nije bila mjerena u astrofizički relevantnom području energija sa svrhom proučavanja izvedivosti mjerenja te reakcije na modernim akceleratorima elektrona koji su nedavno izgrađeni ili su u planu da budu izgrađeni. Cilj diplomskog bio bi napraviti program za generaciju događaja elektrodezintegracije ^{16}O i program za određivanje udarnog presjeka s pripadnim statističkim nepouzdanostima unutar programskog paketa ROOT, koji je standardni alat za analizu podataka u nuklearnoj fizici i fizici elementarnih čestica, te provesti analizu generiranih događaja za odabrane konfiguracije detektora raspršenih elektrona i produciranih ^4He jezgara.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Scintilacijski detektori i sustav za prikupljanje podataka temeljen na digitalizatorima oblika signala	
<p>Scintilacijski detektori su jedan od najčešće upotrebljivanih uređaja za detekciju čestica u nuklearnoj fizici i fizici čestica, te u medicinskoj dijagnostici. Sastoje od scintilacijskog materijala koji je optički spojen na fotomultiplikator (direktno ili putem svjetlovoda). Čestica koje prođe kroz scintilator pobuđuje atome i molekule, zbog čega scintilator emitira svjetlost. Ta svjetlost se dalje vodi u fotomultiplikator, gdje se pretvara u slabu struju ili fotoelektrone, koji su dalje pojačani u fotomultiplikačkom sustavu. Konačni strujni signal možemo analizirati elektroničkim uređajima. Stariji elektronički uređaji bili su strogo specijalizirani samo za jednu zadaću, ili za mjerenje vremena, ili za mjerenje energije deponirane u scintilatoru ili za brojanje događaja itd. Moderni digitalizatori su jedan uređaj koji je u stanju snimiti oblik signala iz kojeg se danjom analizom i obradom može odrediti i vrijeme dolaska signala i energija deponirana u scintilatoru. Cilj diplomskog rad bi upoznao se s radom scintilacijskih detektora i modernim digitalizatorima oblika signala, te provesti nekoliko jednostavnih mjerenja gama zraka sa scintilacijskim kristalima BaF₂, te pozitrona iz beta-plus raspada ²²Na pomoću tankih plastičnih scintilatora debljine 0.1 mm.</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>	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Gebavi	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Detekcija zagađivača: razvoj i optimizacija SERS podloga temeljenih na silicijskim nanomaterijalima	
<p>Laboratorij za molekularnu fiziku i sintezu novih materijala (Institut Ruđer Bošković) aktivno se bavi razvojem podloga za površinski pojačanu Ramanovu spektroskopiju (SERS) više od deset godina. SERS je brza, ekonomski isplativa i ne-destruktivna metoda detekcije niskih koncentracija molekula, koja se temelji na značajnom pojačanju neelastičnog raspršenja svjetlosti na molekulama adsorbiranim na nanostrukturiranim metalnim površinama. Prednosti SERS-a uključuju visoku osjetljivost, brzu analizu, kemijsku specifičnost i financijsku pristupačnost, što otvara brojne mogućnosti primjene u različitim područjima, uključujući: medicinu, zaštitu okoliša, poljoprivredu, kontrolu kvalitete hrane, sigurnost (detekciju opasnih kemikalija), forenziku, restauraciju umjetničkih djela, biokemiju i slično. SERS podloge sintetizirane u našem laboratoriju temelje se na nanomaterijalima, posebice silicijskim nanožicama i nanodrvećem obloženim metalima poput zlata ili srebra. Plan istraživanja diplomanda imaju fokus na tri ključne cjeline: I) sintezu Si nanomaterijala, II) optimizaciju SERS podloga III) primjenu. I) Sinteza nanomaterijala obuhvaća prvenstveno ne isključivo sintezu Si nanožica i nanodrveća. Za to će se koristiti novi instrumenti: a) instrument za depoziciju iz parne faze pri sniženom tlaku ili s plazma pojačanjem (LPCVD/PECVD), b) stolni sputtering. Asistent će naučiti koristiti navedene instrumente te cjelokupni proces sinteze. II) Optimizacija SERS podloga: Testiranje osjetljivosti SERS podloga na modelu molekula MPBA (4-Mercaptophenylboronic Acid). Laboratorij već posjeduje dva nova kapitalna Ramanova spektrometra, što smanjuje rizik od neispravne opreme tijekom eksperimentalnog rada. Također, diplomand će imati priliku raditi sa višegodišnjom instrumentacijom IRB-a poput pretražnog elektronskog mikroskopa (SEM). III) Primjena SERS podloga: fokusirana je na zaštitu okoliša kroz detekciju zagađivača, određivanje limita detekcije pojedinog zagađivača, izračunavanje SERS faktora pojačanja, homogenosti podloge itd. Trenutno su najznačajnija istraživanja na pesticidima kao što su engl. Glyphosate, Chlorpyrifos, Atrazine, Malathion, Thiram, Endosulfan, Carbofuran, Fipronil, Imidacloprid itd. Diplomski rad će uključiti analizu molekula pomoću SERS metode na minimalno jednom od zagađivača okoliša. Ključne prednosti izrade diplomskog rada na navedenoj tematici su: a) uvid i rad na cjelokupnom procesu - od sinteze nanomaterijala podloga, optimizacije SERS podloge do analize testnih i molekula od stvarnog interesa za društvo, b) analiza molekule koje su trenutno vrlo značajne u istraživačkom smislu, ali i u stvarnoj primjeni.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Manojit Ghosh	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Phenomenological aspects of the future ESSnuSB project	
<p>The future ESSnuSB experiment is designed to study the physics of neutrino oscillation using a very intense neutrino beam from the European Spallation Source (ESS) in Lund, Sweden. Currently it is in a design study phase funded by EU. The detector configuration in this project will include a far detector and a near detector. Apart from studying the far detector physics, there is also a proposal to study neutrinos from the stored muons (nuSTORM) at the near detector. The main aim of this setup is to study the CP violation in the leptonic sector. RBI group is coordinating the detector performance and physics reach work package within the project. The possible physics scenarios which can be studied in this set up are: supernova neutrinos and atmospheric neutrinos at the far detector, non-standard interactions and sterile neutrinos at the near detector, to name a few. In this Masters thesis, the student will study the capability of the ESSnuSB setup to various physics scenarios at both far and near detector.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Analysis of entanglement properties of topologically frustrated spin systems	
<p>Topologically frustrated systems differ from others in the behavior of several quantities, both in the mesoscopic and in the thermodynamic regime. Under my guidance, the candidate will exploit a mixed approach based on analytical techniques and numerical methods to analyze in detail the behavior of some quantities related to entanglement in one-dimensional topologically frustrated spin systems, trying to highlight all the differences with the non-frustrated ones. The goal of this work is to increase the knowledge of this fascinating phenomenon with the final aim of proposing new uses of it in the field of quantum technologies.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Širenje topline u jednodimenzionalnom vodiču	
<p>Tijekom studija naučimo kako oni metali koji imaju veću električnu vodljivost bolje vode toplinu. Pritom, nažalost, nemamo priliku provjeriti koliko je značajan taj efekt, i koliko je tipično vrijeme potrebno da se ohladi metalna šipka duljine "l" čiji je jedan kraj ohlađen na neku nisku temperaturu T0. Cilj ovog rada je izmjeriti širenje topline kroz šipke nekoliko standardnih metala i vidjeti koliko se razlikuju vremena uspostave toplinske ravnoteže. Pored eksperimenta, izračunat će se vremenski ovisno rješenje toplinske jednadžbe za jednodimenzionalan slučaj i odrediti očekivano širenje topline u pripadnim testnim uzorcima. Prednost rada jest da omogućava jeftin, brz i intuitivan način da se sličan eksperiment izvede u srednjoškolskoj nastavi.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Egzotične faze u van der Waalsovima sustavima	
<p>U zadnjih par godina su se intenzivno počeli istraživati kvazi-2D sustavi koji spadaju u klasu tzv. van der Waalsovih (vdW) materijala, a osobito vdW magneti. Pobuden je velik interes zajednice jer te spojeve karakteriziraju zanimljiva svojstva iz kuta promatranja fundamentalnih ali i primjenjivih istraživanja. Npr. u njima se realiziraju egzotične magnetske faze, mogu se lako ugoditi magnetska svojstva, omogućuju dizajn proizvoljno tankih uzoraka, savitljivi su, često puta i prozirni, i sl. Nedavna istraživanja su indicirala da se u trihalidima rijetkih zemalja (vdW sustavi), javljaju dvije egzotične magnetske faze: kvantna spinska tekućina (KTT) i Diracov magnetski red (DMO). Dok je prva zapravo odsustvo dugodosežnog uređenja, druga je magnetska faza s vrlo specifičnim pobudjenjima magnetskih momenata. Cilj ovog diplomskog rada je interdisciplinarna (teorijska i eksperimentalna) potraga za točkom razdvajanja između KTT i DMO, tj. razumijevanje potrebnih uvjeta za realizaciju pojedinog stanja. Prvo će se pomoću izračuna izračunom funkcionala gustoće (DFT-om) odrediti u kojem se sustavu može inducirati KTT \leftrightarrow DMO prijelaz koristeći vanjski tlak. Zatim će se taj prijelaz eksperimentalno realizirati, te proučiti koristeći tehniku nuklearne magnetske rezonancije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Magnetske faze u bakar oksidu	
<p>Nerijetko se dogodi da se znanstveno zanimljiv materijal skriva nama pred golim okom. Jedan od njih je bakar oksid - onaj naizgled neprivlačan tamn sloj koji se pojavi na bakrenom krovu kad ga zagrije ljetno sunce. Taj, u čistom obliku, crni spoj je zapravo feroelektrik (FE) - u njemu se pored magnetskog uređenja pojavi i konačna električna polarizacija. Ova elektro-magnetska sprega nameće pitanje može li se jedan red kontrolirati s drugim. Kako FE red nastane na vrlo visokoj temperaturi (ispod 230 K), CuO je jedan od potencijalnih funkcionalnih materijala od interesa za industriju. Cilj rada je temeljito ispitati ponašanje magnetskih uređenja u CuO monokristalu koristeći tehniku nuklearne magnetske i kvadrupolne rezonancije.</p>	
<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</p>	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetska simetrija antiferomagneta	
<p>Upotreba antiferomagnetskih materijala kao aktivnih elemenata u spintroničkim uređajima donosi mnoge prednosti. Za razliku od standardnih magneta (feromagneta), antiferomagneti nemaju spontanu magnetizaciju te stoga ne stvaraju oko sebe slabo magnetsko polje. Zahvaljujući toj karakteristici, kao i jakim interakcijama superizmjene, upravo antiferomagneti imaju potencijala za postizanje nekoliko redova veličine manjih i bržih elektroničkih komponenti. Istovremeno, upotreba antiferomagneta u budućim elektroničkim uređajima bi mogla dovesti do smanjenja energetske potrošnje kroz značajno reduciranje tzv. ohmskih gubitaka. Ovo se može postići na nekoliko načina, a svi su vezani uz različita magnetska stanja koja se mogu pronaći u antiferomagnetima. Kao primjer ističu se magnetoelektrici i multiferoici u kojima je magnetsko uređenje moguće manipulirati primjenom napona, umjesto struje, odn. električnim umjesto magnetskim poljem. Drugi primjer je iskorištavanje magnona kao potencijalnih nosilaca informacije u tzv. magnoničkim uređajima. Veliki broj mogućih antiferomagnetskih uređenja predstavlja stoga plodno tlo za fundamentalno proučavanje različitih potencijalno korisnih fenomena koji su intrinzično vezani uz magnetsku strukturu odn. njenu magnetsku simetriju. U ovom diplomskom radu proučavat će se magnetska simetrija odabranog antiferomagneta kombinacijom mjerenja magnetske anizotropije u primijenjenom magnetskom polju i fenomenološkog pristupa opisu magnetske simetrije. Mjerenja će se raditi u širokom rasponu temperatura (2K - 300K) i u visokim magnetskim poljima kombinacijom vrlo osjetljivog komercijalnog SQUID magnetometra i torque magnetometra. Fenomenološki pristup opisu magnetske anizotropije iskoristit će se za pronalazak parametara anizotropije koji najbolje opisuju mjerene rezultate te određivanje magnetske simetrije simuliranih struktura u magnetskom polju. Konačni rezultat rada bit će anizotropni magnetski fazni dijagram odabranog antiferomagneta. Dobivene simetrije različitih magnetskih faza dat će informaciju o drugim mogućim svojstvima antiferomagneta, poput neišcezavajućeg magnetoelektričnog efekta, električne polarizacije i sl. Tokom izrade diplomskog rada student/ica će se detaljno upoznati s mjerenjima magnetizacije i magnetskog momenta sile, radom s kriogenim tekućinama i korištenjem supravodljivog magneta za postizanje visokih magnetskih polja.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Kvantni antiferomagnet pod tlakom	
<p>Antiferomagnetski uređeni materijali imaju velikog potencijala za primjenu u budućim elektroničkim uređajima. No, niska dimenzija magnetske rešetke ($D < 3$) i/ili frustracija u interakcijama među magnetskim momentima u konkretnom materijalu može rezultirati magnetskim stanjima koja nisu uređena i u kojima kvantna priroda magnetizma dolazi do izražaja. Posljedica su osnovna stanja i pobuđenja koja nemaju klasični analogon. U niskodimenzionalnim magnetskim sustavima slabe dodatne 3D interakcije vrlo često vode na magnetsko uređenje, ali tek pri vrlo niskim temperaturama. U ovom radu pročitavati će se materijal koji se sastoji od dva gotovo odvojena podsustava: antiferomagnetskog dimera (0D) i antiferomagnetskog lanca (1D), oba sa spinovima $S = 1/2$. Ovakva kombinacija dva podsistema ne nalazi se često u stvarnim materijalima. Jaka antiferomagnetska interakcija među spinovima u dimeru daje nemagnetsko singletno osnovno stanje dok spinovi na lancu imaju paramagnetski odziv karakterističan za antiferomagnetski 1D lanac sa spinovima $S = 1/2$. Ispod niske temperature od $T_N = 8\text{K}$ sustav je uređen dugodosežno antiferomagnetski, gdje antiferomagnetski dimeri ostaju u singletnom stanju uronjeni u antiferomagnetski uređenu strukturu spinova na lancima. Jaka antiferomagnetska interakcija spinova u dimeru zahtijeva laboratorijski nedostupna magnetska polja (veća od 200 T) za induciranje magnetskog odziva. Magnetsko polje utječe na promjenu magnetske strukture kroz induciranje spinske reorijentacije. U ovom radu eksperimentalno će se istražiti utjecaj tlaka na magnetski odziv ovog sustava, što do sad nije bilo proučavano. Posebice će se istražiti utječe li primjena tlaka na temperaturu magnetskog uređenja, kao i na samu magnetsku strukturu. Istraživanje će uključivati detaljna mjerenja magnetizacije pri niskim temperaturama, u visokim magnetskim poljima i pod tlakom na osjetljivom komercijalnom SQUID magnetometru. Tokom izrade diplomskog rada student/ica će se detaljno upoznati s mjerenjima magnetizacije pod tlakom, radom s kriogenim tekućinama i korištenjem supravodljivog magneta za postizanje visokih magnetskih polja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Numeričko rješavanje Schrödingerove jednačbe za aproksimirane potencijale vezanih sustava	
<p>U ovom radu istražuje se numeričko rješavanje Schrödingerove jednačbe za aproksimirane potencijale vezanih kvantnih sustava. Cilj rada je modelirati i analizirati energijske razine i valne funkcije sustava koji se mogu opisati potencijalima poput dvostruke jame ili potencijala molekularne veze u molekuli HCl. Primjenom numeričkih metoda, poput metode konačnih diferencija ili varijacijskih metoda, proučit će se kako različite aproksimacije potencijala utječu na svojstva vezanih stanja. Dobiveni rezultati mogu pridonijeti boljem razumijevanju kvantnomehaničkih sustava i njihovih spektroskopskih karakteristika.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj:Nasl. doc. dr. sc. Hrvoje Hršak	Institucija: kbc
Suvoditelj:Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Dozimetrijska karakterizacija detektora za relativnu dozimetriju u malim statičnim fotonskim snopovima Leksellovog gama noža	
<p>U modernim stereotaktičkim tehnikama, kao što je stereotaktička radioterapija (engl. Stereotactic Radiotherapy - SRT), stereotaktička radiokirurgija (engl. Stereotactic Radiosurgery - SRS) koriste se mali fotonski snopovi za oblikovanje kompleksnih raspodjela apsorbirane doze, uz korištenje različitih vrsta dostupnih kolimatora za oblikovanje malih snopova, kao što su višelaminarni kolimator (engl. Multileaf Colimator - MLC) i konusni kolimator. Ovakvi kolimatori dostupni su na različitim radiokirurškim platformama, kao što su primjerice klasični i linearni akcelerator opremljen za SRT i SRS, CyberKnife i Leksellov gama nož. U usporedbi s klasičnim radioterapijskim tehnikama u kojima se raspodjela apsorbirane doze ostvaruje fotonskim snopovima veličine do minimalno 4 x 4 cm², u modernim tehnika veličina snopa može biti i do 0.4 cm u promjeru. U tako malim snopovima nije moguće postići referentne dozimetrijske uvjete koji odgovaraju konvencionalnom snopu veličine 10 x 10 cm², jer u njima postoji narušenje lateralne ravnoteže nabijenih čestica i perturbacija uvjeta u snopu uslijed prisutnosti detektora različite gustoće i kemijskog sastava u odnosu na medij, a čije su dimenzije sumjerljive veličini snopa. Stoga je dozimetrija u takvim snopovima opterećena povećanom nepouzdanošću i smanjenom točnošću te značajno ovisi o izboru vrste i veličine detektora (ionizacijske komore, poluvodički detektor, dozimetrijski film), kao i o izabranom dozimetrijskom protokolu. Idealni detektor za dozimetriju malih snopova je točkasti detektor, gustoćom ekvivalentan vodi, linearnog odziva koji ne ovisi o energiji snopa i brzini doze. Realni detektori nemaju takva idealna svojstva pa je za dozimetriju u malim snopovima potrebno provesti karakterizaciju detektora, koja uključuje određivanje stabilnosti odziva, propuštanje signala (engl. signal leakage), linearnost odziva u ovisnosti o dozi i brzini doze, omjera signal-šum (engl. signal to noise ratio - SNR), energijske ovisnosti odziva te ovisnost odziva o veličini i orijentaciji detektora. U diplomskom radu provela bi se karakterizacija nekoliko vrsta detektora za relativnu dozimetriju u malim fotonskim snopovima (ionizacijske komore malog volumena, poluvodički detektor, sintetički dijamantni detektor, radiokromski dozimetrijski film), koristeći dozimetrijski protokol za male fotonske snopove. Dozimetrijska svojstva detektora ispitala bi se u malim fotonskim snopovima Leksellovog gama noža s kvalitetom snopa Co-60. Raspon veličine snopova kretao bi se od snopa kružnog presjeka 4 mm do 16 mm. Student će se tijekom izrade diplomskog rada upoznati s osnovnim principima dozimetrije ionizirajućeg zračenja u radioterapiji, dozimetrijskim protokolima za male fotonske snopove 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 radiokirurgiji (elektrometar, radiokromski dozimetrijski film, ionizacijska komora i poluvodički detektor malog volumena), osnovnim principima radiokirurgije te s uređajem za provođenje radiokirurgije (Leksellov gama nož). Student će eksperimentalno odrediti odziv različitih detektora zračenja te provesti analizu nepouzdanosti eksperimentalnih podataka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Deša Jelavić Malenica	Institucija: irb
Suvoditelj:Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Proučavanje strukture lakih jezgara nuklearnim reakcijama $7\text{Be} + 6,7\text{Li}$	
<p>Struktura lakih jezgara blizu $A=10$ predstavlja posebno zanimljivo područje istraživanja u nuklearnoj fizici, jer se u tim jezgrama preklapaju ljuskasta, klasterska i molekularna stanja. Ova raznolikost konfiguracija omogućuje dublje razumijevanje različitih nuklearnih modela i pruža uvid u fundamentalne principe formiranja nuklearnih struktura. Osim toga, jezgre u ovom masenom području imaju značajnu ulogu u astrofizici, posebice u fazama evolucije zvijezda, čime pridonose boljoj interpretaciji kozmoloških procesa. Diplomski rad doprinosi napretku u razumijevanju klusterskih fenomena i molekularnih stanja u lakim jezgrama, proširujući dosadašnje znanje u ovom području. Rad se fokusira na istraživanje nuklearnih reakcija $7\text{Be}+6,7\text{Li}$ pri energiji snopa od 45 MeV, s naglaskom na elastično i kvazi-slobodno raspršenje te prijenos jednog ili više nukleona i klastera. Eksperiment je već proveden, a snimljeni podaci dostupni su za analizu. Primarni cilj je identificirati i analizirati klusterska i molekularna stanja u izotopima bora i ugljika ($10,11\text{B}$ i $10,11\text{C}$) te pokušati identificirati analogna stanja deformiranih struktura poznatih u 10Be. Poseban fokus bit će stavljen na usporedbu zrcalnih reakcija $7\text{Be}+6\text{Li} \rightarrow 3\text{He} + 10\text{B}$ i $7\text{Be}+6\text{Li} \rightarrow 3\text{H} + 10\text{C}$. Dodatno, proučavat će se procesi višestrukog raspada nestabilnih pobuđenih stanja različitih izotopa kako bi se testirali postojeći teorijski modeli i njihova primjenjivost na maseno područje karte nuklida. Korišteni eksperimentalni postav omogućuje preciznu analizu kutnih distribucija i kinematike reakcijskih produkata, što je ključno za razumijevanje reakcijskih mehanizama i identifikaciju specifičnih kanala raspada. U okviru ovog diplomskog rada posebna će se pažnja posvetiti događajima u kojima su dvije čestice detektirane u koincidenciji. Ovaj pristup omogućuje istraživanje izlaznih kanala s tri čestice, što pruža dublji uvid u strukturalne osobitosti pobuđenih stanja klusterskih jezgri nastalih u izlaznim kanalima proučavanih reakcija. Rezultati rada poslužiti će prvenstveno kao "proof of principle" u testiranju eksperimentalnog postava na poznatim stanjima, čime će se otvoriti mogućnost istraživanja novih stanja i fenomena.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Nasl. izv. prof. dr. sc. Vïbor Jelić	Institucija: irb
Sinkrotronsko zračenje Mliječnog puta	
Sinkrotronsko zračenje Mliječnog puta je netermalno zračenje koje nastaje međudjelovanjem relativističkih elektrona u međuzvezdanom prostoru i sveprožimajućeg magnetskog polja. Po prirodi je ovo zračenje u velikom postotku polarizirano. Cilj ovog diplomskog je istražiti i odrediti postotak promatrane polarizacije sinkrotronskog zračenja na niskim radiofrekvencijama. U analizi će se koristiti podaci prikupljeni radioteleskopom LOFAR u sklopu pregleda neba LoTSS u dubokom području ELAIS-N1.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Dario Jukić	Institucija: gra
Suvoditelj:Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Istraživanje anomalija u elektromagnetskom polju metodama strojnog učenja	
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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Dario Jukić	Institucija: gra
Suvoditelj:Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Međudjelovanje čestica u nehermitskim sustavima	
U ovom diplomskom radu proučavat ćemo čestice koje međudjeluju u nehermitskim sustavima. Nehermitski modeli zanimljivi su zbog mogućnosti da uključe i disipativne procese u teorijski opis problema, a što je od posebnog interesa u kvantnim sustavima, ali i u optici. Pored nehermitskih fenomena, efekti koji su posljedica međudjelovanja čestica u ovakvim sustavima još uvijek nisu u potpunosti istraženi. Konkretno, ovdje ćemo istražiti međuigru nehermitičnosti i međudjelovanja, i to kroz račun različitih opservabli, korelacijskih funkcija, te dinamike međudjelujućih nehermitskih modela.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Krunoslav Juraić	Institucija: irb
Suvoditelj:Izv. prof. dr. sc. Źeljko Skoko	Institucija: pmf
Priprema i karakterizacija tankih filmova nanocjevčica titanijeva dioksida na fleksibilnoj podlozi za primjenu u solarnim ćelijama	
Slojevi nanocjevčica titanijeva dioksida (TiO ₂) imaju široku primjenu u naprednim tehnologijama zahvaljujući njihovim jedinstvenim strukturnim, optičkim i elektroničkim svojstvima. Koriste se u fotokatalizi, sensorima te kao ključna komponenta u solarnim ćelijama, gdje doprinose efikasnijem prikupljanju i pretvorbi Sunčeve energije. Posebno su zanimljivi u razvoju fleksibilnih i laganih fotonaponskih uređaja. U ovom radu istražiti će se priprema tankih filmova nanostrukturiranog TiO ₂ u obliku nanocjevčica na fleksibilnoj podlozi. Filmovi će se izrađivati kombinacijom magnetronskog rasprašenja, elektrokemijske anodizacije i fototermičke obrade pulsним izvorom svjetla. Cilj istraživanja je analiza strukturnih i optičkih svojstava dobivenih slojeva, te njihova optimizacija za primjenu u solarnim ćelijama. U fokusu će biti utvrđivanje parametara procesa pripreme koji utječu na morfologiju, kristalnu strukturu i apsorpcijska svojstva TiO ₂ nanocjevčica, s naglaskom na poboljšanje efikasnosti pretvorbe Sunčeve energije u fleksibilnim fotonaponskim uređajima. Tijekom izrade diplomskog rada, student/ica će steći praktična znanja o naprednim tehnikama sinteze nanostrukturiranih tankih filmova, poput magnetronskog rasprašenja i elektrokemijske anodizacije. Naučit će primjenjivati metode karakterizacije materijala, uključujući skenirajuću elektronsku mikroskopiju (SEM), rendgensku difrakciju (XRD) i UV-Vis spektroskopiju, te interpretirati dobivene rezultate. Time će se pripremiti za rad u multidisciplinarnim istraživačkim timovima u području nanotehnologije i obnovljivih izvora energije.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Krunoslav Jurać	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Računalno modeliranje i simulacija rada 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 intenzivno se razvijaju solarne ćelije nove generacije, bazirane na inovativnim materijalima, među kojima se posebno ističu perovskitne solarne ćelije. Unatoč tome što su u kratkom vremenu dosegle efikasnost veću od 20%, izazovi poput stabilnosti pod utjecajem Sunčevog zračenja i vlage te mogućnost komercijalne primjene na velikoj skali još uvijek ograničavaju njihovu širu uporabu. Perovskitne solarne ćelije sastoje se od više funkcionalnih slojeva: fotoaktivni sloj je tanki film perovskita (najčešće metilamonijev olovov (II) jodid - MAPI ili formamidinijev olovov (II) jodid - FAPI), dok ostale slojeve čine prozirna vodljiva elektroda (ITO ili FTO), sloj za vođenje elektrona (TiO₂), sloj za vođenje šupljina (Spiro-OMeTAD) i stražnja elektroda (zlato). U ovom radu bit će predstavljen teorijski model i računalni program za simulaciju rada solarnih ćelija. Program omogućuje proračun i analizu strujno-naponskog odziva solarne ćelije (IV karakteristike, spektralni odziv, efikasnost pretvorbe itd.) na temelju zadanih parametara koji opisuju optička i električna svojstva svakog sloja unutar strukture ćelije. Pomoću simulacija ispitat će se utjecaj svojstava pojedinih slojeva, poput debljine, koeficijenta apsorpcije i strukture elektronskih vrpca, na ukupni rad solarne ćelije. Rezultati istraživanja identificirat će ključne parametre koji najviše utječu na performanse perovskitnih solarnih ćelija, što će pružiti smjernice za optimizaciju tih parametara u eksperimentalnoj pripremi solarnih ćelija. Time bi se mogli doprinijeti povećanju efikasnosti i dugoročne stabilnosti perovskitnih solarnih ćelija, čime bi se olakšao njihov prijelaz iz laboratorijskog u komercijalni kontekst. Tijekom izrade diplomskog rada, student će se upoznati s principom rada i strukturom perovskitnih solarnih ćelija, steći iskustvo u korištenju računalnog programa za simulaciju njihovog rada te analizirati utjecaj svojstava slojeva na efikasnost i stabilnost. Steći će vještine rada s računalnim alatima, obradom podataka i analizom rezultata, što će ga pripremiti za istraživanja u području 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
Kvantne korekcije Regge-Wheelerova potencijala	
<p>Potruga za fenomenološkim tragovima kvantne gravitacije jedan je od središnjih problema u današnjoj eri astronomije gravitacijskih valova. Ideja je proučiti dinamiku gravitacijskih valova unutar okvira nekomutativne diferencijalne geometrije i izračunati vodeću kvantnu korekciju Regge-Wheelerovog potencijala do prvog reda u parametru nekomutativnosti. Nadalje, proučavanjem frekvencija kvazinormalnih modova možemo ispitati i stabilnost Schwarzschildove crne rupe s obzirom na kvantne perturbacije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tihomir Knežević	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Analiza dioda za detekciju jednog fotona temeljenih na lavinskoj multiplikaciji	
<p>Nizovi i matrice dioda za detekciju jednog fotona temeljenih na lavinskoj multiplikaciji (engl. single photon avalanche diode - SPAD) koriste se za izradu senzora slike s mogućnošću razlučivanja pojedinačnih fotona i visokom vremenskom rezolucijom. SPAD-ovi su stoga privlačni za korištenje u optičkoj komunikaciji, sustavima za 3D detekciju kao i naprednim primjenama poput optičkih neuronskih mreža gdje mogu sudjelovati u prijenosu i pohrani informacija. Osim toga, SPAD-ovi u matricama se koriste u silicijskim fotomultiplikatorima pri čemu rad u probojnom režimu dioda može uzrokovati pojavu optičkog preslušavanja uslijed emisije svjetlosti i posljedično povećati šum u poluvodičkom elementu. Cilj diplomskog rada sa mjerenja poluvodičkih dioda sa slojevima amorfne bora pri čemu će se istražiti utjecaj defekata na povećanje svjetlosne emisije i utjecaj na optičko preslušavanje u okolne SPAD-ove. Izmjerit će se količina tamnih impulsa dioda koje rade u Geiger modu u ovisnosti o dimenziji diode. Analizirat će se utjecaj izravnog i neizravnog optičkog preslušavanja na povećanje broja tamnih impulsa. Istražit će se metoda smanjivanja optičkog preslušavanja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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 slojevitá 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). Trigonálni 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	

Voditelj: dr. sc. Marko Kralj	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	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 za razvoj primjena u (opto)elektronici i fotonici. Ciljani inženjering svojstava takvih materijala, zahtijeva napredne mikroskopske tehnike, koje služe za topografsko oslikavanje, ali i daju informacije o kemijskom sastavu, 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 mikroskopa 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. 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 nanoskali (nano-FTIR) te sSNOM oslikavanju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Juraj Krsnik	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Polaronska nečistoća u dvodimenzionalnim sustavima	
<p>Dobro je poznato da učinci elektron-fonon 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 direktno diktirano elektron fonon vezanjem (polaronska nečistoća). Takve situacije se pokazuju relevantnima za opis tuneliranja elektrona kroz molekularne čvorove i kvantne točke u efektivno jednodimenzionalnim sustavima. Međutim, ne postoji razlog zašto raspršenje elektrona na polaronskoj nečistoći ne bi bilo relevantno i u višedimenzionalnim sustavima ($D > 1$). Zapravo, postoje indikacije 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. Poželjno je poznavanje formalizma kvantne teorije polja u problemu mnoštva čestica. [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:Nasl. doc. dr. sc. Nikša Krstulović	Institucija: ifs
Suvoditelj:Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	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 process 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 veće 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:Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Određivanje tlaka u protonu korištenjem disperzijskih relacija	
<p>Proces duboko-neelastičnog komptonskog raspršenja ima jedinstveno svojstvo da su realni i imaginarni dio njegove kvantnomehaničke amplitude nezavisno eksperimentalno mjerljivi. Standardne disperzijske relacije koje povezuju realni i imaginarni dio amplitude omogućuju povezivanje tlaka u protonu s tzv. suptrakcijskom konstantom tih relacija, što bi se istražilo u ovom radu.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Karlo Lelas	Institucija: ttf
Suvoditelj:Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Optimalno prigušenje vibracija sistema s više stupnjeva slobode: ovisnost o početnim uvjetima	
<p>Uobičajeni kriteriji koji se koriste za mjerenje performansi linearnih vibrirajućih sustava ne ovise o početnim uvjetima. Obično se pretpostavlja da su početni uvjeti sustava jednaki nuli ili se koristi neka vrsta uprosječenja kako bi se oslobodili početnih uvjeta. Cilj diplomskog rada je istražiti ovisnosti dinamike linearnih vibrirajućih sustava o početnim uvjetima u kontekstu problema optimalnog prigušenja. U tu svrhu, analizirati će se ponašanje sustava s više stupnjeva slobode i razmotriti nova metoda za određivanje optimalnog prigušenja, koja uzima u obzir osobitosti početnih uvjeta i činjenicu da, iako se u teoriji ovi sustavi asimptotski približavaju ravnotežnom stanju i nikada ga ne postižu egzaktno, u prirodi i u eksperimentima dolaze u ravnotežno stanje u nekom konačnom vremenu.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Marija Majer	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Spektrofotometrijska analiza radiofotoluminiscentnih dozimetara ozračenih visokim dozama gama zračenja	
<p>Apsorbirana doza (skraćeno doza) predstavlja energiju koju ionizirajuće zračenje pohrani u jedinici mase materijala kroz koji prolazi i mjeri se dozimetrima te izražava u gray-ima ($Gy = J/kg$). Osnovni princip rada luminiscentnih dozimetara se može opisati s dva koraka: 1. ozračivanjem nastaju stabilni luminiscentni centri 2. davanjem odgovarajuće pobude dolazi do luminiscencije čiji je intenzitet proporcionalan apsorbiranoj dozi. U slučaju radiofotoluminiscentnih (RPL) dozimetara, ozračeni dozimetar se stavlja u odgovarajući čitač i izraže UV zračenju te se mjeri intenzitet emitiranih fotona. Današnji RPL dozimetrijski sustavi (dozimetar + čitač) imaju široku primjenu za mjerenje doza gama zračenja u okolini i medicini pri čemu se, mjerenjem luminiscencije, pokriva raspon doza od 10 Gy do 100 Gy. Standardni RPL materijal je fosfatno staklo dopirano ionima srebra. U ovom radu ispitat će se optička svojstva nastalih luminiscentnih centara u staklenim RPL dozimetrima ozračenim visokih doza (iznad 100 Gy). Dozimetri će se zračiti na izvoru gama zračenja ^{60}Co na Institutu Ruđer Bošković s dozama do reda veličine MGy. Pomoću spektrofotometra, mjerit će se apsorpcijski spektri, te istražiti mogućnost njihove primjene za određivanje doze. Posebno, budući da je poznato da ozračivanjem nastaje nekoliko vrsta RPL centara, cilj je razdvojiti njihov doprinos u apsorpcijskom spektru te proučiti njihov međusobni odnos u ispitanom području doza.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Uređaj za pozitronsku emisijsku tomografiju s vremenom proleta	
<p>Na Fizičkom odsjeku konstruiran je novi uređaj za pozitronsku emisijsku tomografiju (PET). Detektor sadrži 1024 scintilacijska kristala u 4 modula, koji se iščitavaju brzim TOFPET2 elektroničkim sustavom. Pomoću ovog PET uređaja po prvi je puta demonstrirana mogućnost uporabe polarizacijskih (kvantnih) korelacija gama zračenja za odabir događaja i rekonstrukciju slike i to s klinički relevantnim izvorima zračenja, s ciljem unaprijeđenja PET-a kao dijagnostičkog alata. U okviru diplomskog rada kalibrirat će se i laboratoriju ispitati vremenski odziv uređaja kako bi se PET sustavu dodala funkcionalnost korištenja vremena proleta (ToF-PET) za koju je poznato da značajno unaprijeđuje kvalitetu rekonstruirane slike.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Uporaba neuralnih mreža za prepoznavanje događaja u pozitronskoj emisijskoj tomografiji	
<p>Na Fizičkom odsjeku konstruiran je novi uređaj za pozitronsku emisijsku tomografiju (PET). Detektor sadrži 1024 scintilacijska kristala u 4 modula, koji se iščitavaju brzim TOFPET2 elektroničkim sustavom. Pomoću ovog PET uređaja po prvi je puta demonstrirana mogućnost uporabe polarizacijskih (kvantnih) korelacija gama zračenja za odabir događaja i rekonstrukciju slike i to s klinički relevantnim izvorima zračenja, s ciljem unaprijeđenja PET-a kao dijagnostičkog alata. Pri tome je ključnu ulogu imalo pravilno prepoznavanje događaja u kojima gama čestice nastale pozitronskom anihilacijom prolaze Comptonovo raspršenje u detektorima. U okviru diplomskog rada ispitat će se mogućnost dodatnog poboljšanja prepoznavanja komptonskih događaja korištenjem metoda strojnog učenja. Pri tome će se koristiti neuralne mreže unutar ROOT sučelja, koje će biti trenirane na uzorcima generiranim simulacijom detektora, a ispitane na mjerenim podacima.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Petar Marević	Institucija: pmf
Mikroskopski opis angularnog momenta fisijskih fragmenata	
<p>Nuklearna fisija igra ključnu ulogu u različitim granama primijenjene i temeljne znanosti. Međutim, čak i 85 godina nakon njenog otkrića, mnogi aspekti fisije još uvijek nisu dovoljno dobro istraženi. Među njima, posebno je važan angularni moment fisijskih fragmenata (AMFF) koji značajno određuje proces emisije neutrona i fotona s pobuđenih fragmenata tijekom njihovog prijelaza prema osnovnom stanju. Nedavna mjerenja objavljena u časopisu Nature [1] i različita teorijska istraživanja koja su uslijedila [2,3,4] pokrenuli su intenzivnu raspravu o brojnim svojstvima AMFF-a koja još uvijek traje. U okviru diplomskog rada, student(ica) će se upoznati sa suvremenim teorijskim metodama opisa AMFF-a te nastaviti razvoj teorijskog modela predloženog u [3], temeljenog na teoriji energijskih funkcionala gustoće. Ovo istraživanje uključuje kombiniranu primjenu nuklearne teorije i računalnog modeliranja, s posebnim naglaskom na računalstvo visokih performansi (HPC). [1] J. Wilson et al., Nature 590, 566-570 (2021). [2] A. Bulgac et al., Phys. Rev. Lett. 126, 142502 (2021). [3] P. Marević et al., Phys. Rev. C 104, L021601 (2021). [4] J. Randrup and R. Vogt, Phys. Rev. Lett. 127, 062502 (2021).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Petar Marević	Institucija: pmf
Vremenski ovisna teorija funkcionala gustoće	
<p>Vremenski ovisna teorija funkcionala gustoće (engl. time-dependent density functional theory - TDDFT) široko je korišten teorijski okvir za opis različitih dinamičkih procesa u jezgri, uključujući kolektivne oscilacije, sudare teških iona i nuklearnu fisiju. U okviru TDDFT-a, dinamika složenog sustava mnoštva čestica svodi se na neovisnu vremensku evoluciju jednočestičnih stanja koja čine mnogočestičnu valnu funkciju tipa Slaterove determinante. Tijekom posljednjih nekoliko godina došlo je do prvih realističnih primjena teorijskih modela koji nadograđuju osnovni TDDFT pristup miješanjem više mnogočestičnih valnih funkcija [1,2,3,4]. Budući da takvi modeli uključuju učinke kvantnih fluktuacija u kolektivnom prostoru, očekuje se da će značajno poboljšati opis određenih fenomena, poput nuklearne fisije ili kvantnog tuneliranja u jezgri. U okviru diplomskog rada, student(ica) će se upoznati s trenutnim stanjem istraživanja i uključiti se u razvoj teorijskog modela te implementaciju odgovarajućeg modernog C++ računalnog programa. [1] P. Marević, D. Regnier, D. Lacroix, Phys. Rev. C 108, 014620 (2023). [2] B. Li, D. Vretenar, T. Nikšić, P. W. Zhao, J. Meng, Phys. Rev. C 108, 014321 (2023). [3] B. Li, D. Vretenar, T. Nikšić, J. Zhao, P. W. Zhao, J. Meng, Frontiers of Physics 19, 44201 (2024). [4] P. Marević, D. Regnier, D. Lacroix, Eur. Phys. J. A 60, 10 (2024).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: V. pred. dr. sc. Karolina Matejak Cvenić	Institucija: pmf
Učeničko korištenje i razumijevanja dijagrama sila	
<p>Zadaci koji se zadaju učenicima prilikom obrade Newtonovih zakona često su vrlo kompleksni, te se stoga često ilustriraju na različite načine: skicom, dijagramom sila i/ili jednadžbom gibanja. Svaki od navedenih načina ilustriranja problema pridonosi boljem razumijevanju situacije, no pri rješavanju brojnih konceptualnih i numeričkih zadataka u ovom dijelu gradiva, od učenika se najčešće očekuje samo postavljanje ispravnih jednadžbi gibanja te izračun neke od nepoznatih veličina. Na dijagramima se sila pri rješavanju zadataka obično ne inzistira, iako neka istraživanja u edukacijskoj fizici sugeriraju kako prikazivanje neke situacije pomoću dijagrama sila pozitivno utječe na rješavanje zadataka. Premda korisni kao alat u rješavanju zadataka, neka istraživanja sugeriraju kako učenici često imaju poteškoća pri samostalnom crtanju dijagrama sila, te njihovom razumijevanju. U ovome se diplomskom radu želi istražiti kako učenici prvih razreda, koji su gradivo Newtonovih zakona već obradili na redovnoj nastavi, prikazuju zadane situacije pomoću dijagrama sila, te ispitati jesu li im dijagrami sila koristili pri postavljanju jednadžbi gibanja i rješavanju zadataka. U tu će svrhu diplomand/ica osmisliti pisani upitnik sa zadacima otvorenoga tipa u kojima će se učenicima zadati tipični zadaci iz Newtonove mehanike, tražiti od njih da opisanu situaciju prikažu dijagramom sila, te da riješe zadatak. U planu je da upitnik ispuni 80-ak učenika prvih razreda zagrebačkih gimnazija. U diplomskom će se radu predstaviti rezultati analize učeničkih odgovora: analizirat će se nacrtani dijagrami sila, rješenja zadataka i učenička objašnjenja o tome koliko im je dijagram sila koristio u rješavanju zadataka. Na temelju rezultata istraživanja predložit će se i ideja za pristup poučavanju i korištenju dijagrama sila u istraživački usmjerenoj nastavi 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	

Voditelj: V. pred. dr. sc. Karolina Matejak Cvenić	Institucija: pmf
Učeničko konceptualno razumijevanje nekih pojava iz geometrijske optike	
<p>Premda su svjetlost, leće i zrcala nešto što se susreće u svakodnevnom životu i obrađuje na nastavi fizike, istraživanja u edukacijskoj fizici pokazuju da učenici, ali i studenti diljem svijeta imaju prilične konceptualne poteškoće u razumijevanju osnovnih pojava geometrijske optike. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti kakvo je konceptualno razumijevanje nekih pojava iz geometrijske optike učenika iz nekoliko zagrebačkih gimnazija, nakon što su na redovnoj nastavi obradili navedeno gradivo. U uzorku će biti stotinjak učenika završnih razreda gimnazija. Na temelju postojećih istraživanja u edukacijskoj fizici, diplomand/ica će za potrebe istraživanja, uz pomoć već postojeće literature, sastaviti test sa zadacima otvorenog i zatvorenog tipa, kako bi se što bolje stekao uvid u učeničko konceptualno razumijevanje geometrijske optike te uočile eventualne učeničke poteškoće s ovim dijelom gradiva. U diplomskom će se radu izložiti rezultati analize učeničkih odgovora na pitanja zatvorenog i otvorenog tipa, opisati i analizirati uočene učeničke poteškoće s ovim dijelom gradiva fizike, što će rezultirati implikacijama za 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	

Voditelj: Nasl. 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 QCD-ja, prvenstveno njegove neperturbativne strukture u vidu kondenzata, te mogućnosti povezivanja kvark-gluonske strane QCD-ja s realnim česticama u vidu QCD sumacijskih pravila, odnosno tzv. SVZ sumacijskih pravila koja omogućavaju izračun neperturbativnih veličina, kao što su konstante raspada ili funkcije strukture u raspodima teških čestica korištenjem optičkog teorema i disperzione relacije. SVZ sumacijska pravila su, uz račun na rešetci, jedini način da saznamo nešto o neperturbativnoj strukturi QCD-ja. 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: Nasl. prof. dr. sc. Blaženka Melić	Institucija: irb
Neperturbativni QCD efekti u miješanju D-mezona	
<p>U ovom diplomskom radu planira se primijeniti metoda nelokalnih kondenzata kako bi se istražila razlika između rezultata vodećeg reda u teoriji ekspanzije u $1/mc$ i eksperimentalnih podataka u miješanju D_0-D_0bar koja iznosi četiri reda veličine i očigledno je neperturbativnog karaktera. Metode koje će se koristiti u diplomskom su osnovne metode fizike čestica koje se primjenjuju generalno, a to su: a) Operator Product Expansion (OPE): Wilsonov razvoj umnoška operatora je metoda u kojoj se očekivane vrijednosti produkata operatora razvijaju oko jedne prostorno-vremenske točke. Ti se produkti pišu kao zbroj očekivanih vrijednosti lokalnih operatora evaluiranih u toj točki, čime se omogućuje parametrizacija neperturbativnih efekata, dok su nelokalni efekti sadržani u koeficijentima ekspanzije. Dodatno, efekti visokih energija su perturbativno izračunljivi uz korištenje renormalizacijske grupe. b) Efektivne teorije: Na sudaračima čestica visokih energija energijski režim je takav da je u fizici okusa gotovo uvijek dovoljno raditi s efektivnim Hamiltonijanom slabih raspada. To znači da se teorija u kojoj masivni vektorski bozoni propagiraju kroz prostor zamjenjuje efektivnom kontakt teorijom, dok se fizički efekti ugrađuju u teoriju korištenjem Wilsonovih koeficijenta koji preuzimaju ulogu novih konstanti vezanja. Cilj je izračunati parametar miješanja (x) neutralnih šarmantnih mezona povezan s njihovom masenom razlikom, uzimajući u obzir neperturbativne učinke obuhvaćene nelokalnim kvarkovskim i miješanim kvark-gluonskim kondenzatima. Istražit će se doprinosi takvih kondenzata i analizirat će se njihov utjecaj na parametar miješanja x. Proučavanjem različitih modela parametrizacije nelokalnosti kondenzata možemo steći uvid u dugodosežne doprinose QCD-a u cjelini, te specifično sagledati njihov utjecaj na miješanje neutralnih šarmantnih mezona. Literatura: • Pascual and R. Tarrach, QCD: Renormalization for the Practitioner. Lecture Notes in Physics. Springer Berlin Heidelberg, 2014. • I. I. Y. Bigi and N. G. Uraltsev: D_0 - anti-D_0 oscillations as a probe of quark hadron duality, Nucl. Phys. B 592 (2001) 92–106, [hep-ph/0005089] • B. Melić, L. Dulibić, A. Petrov: D-Dbar mixings from nonlocal condensate contributions, PoS ICHEP2024 (2025) 413, https://arxiv.org/abs/2410.14382</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tea Mijatović	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Stvaranje jezgara bogatih neutronima pomoću reakcija prijenosa nukleona	
<p>Reakcije prijenosa mnogo nukleona predstavljaju izvanredan alat za stvaranje jezgara bogatih neutronima, koje ne postoje u prirodi, te omogućuju njihovo detaljno proučavanje. Posebno su zanimljiva područja blizu magičnog broja $N=126$, koji igra ključnu ulogu u razumijevanju procesa brzog hvatanja neutrona (r-proces) u astrofizici. U okviru ovog rada analizirat će se novi eksperimentalni podaci dobiveni iz reakcije $^{48}\text{Ca}+^{208}\text{Pb}$, izvedene u Legnaro National Laboratories (Italija), uz upotrebu naprednih detektorskih sustava poput PRISMA magnetskog spektrometra velikoga prostornoga kuta i AGATA gama-detektora. Razumijevanje mehanizma reakcije uvelike ovisi o mjerenju karakterističnih veličina poput masenih raspodjela, kutnih raspodjela ili apsolutnog udarnog presjeka, kao i o njihovoj usporedbi s teorijskim modelima. Dobiveni rezultati usporedit će se s podacima iz prethodnih mjerenja sličnih reakcija prijenosa mnogo nukleona kako bi se identificirale sličnosti i razlike u njihovim masenim spektrima, te s dostupnim teorijskim modelima. Ovakva usporedba omogućit će bolje razumijevanje mehanizma reakcija prijenosa mnogo nukleona, što je danas od velikog interesa za pobuđenje jezgara daleko od doline stabilnosti na radioaktivnim postrojenjima nove generacije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Nasl. doc. dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Ispitivanje hidratacije poliamidnih vlakana za 3D printanje Ramanovom spektroskopijom	
<p>U aditivnim tehnologijama često se koristi polimeri PLA (polimlječna kiselina), ABS (akrilonitril butadien stiren), kao i PA12 (poliamid 12, najlon). Metoda taložne depozicije spada u najpristupačnije metode, materijali su cjenovno povoljni, a datoteke predložaka za izradu predmeta dostupne na internetu. Poliamid 12 svojom čvrstoćom i žilavošću često ispunjava zahtjeve pri izradi zupčanika i mobilnih dijelova mnogih uređaja. Njegovo talište je niže od onog PLA, 178-180 stupnjeva C, ali je poznat po higroskopnosti. Cilj diplomskog rada bilo bi određivanje stupnja vezanja vode za poliamidno vlakno koristeći Ramanovu spektroskopiju, te optimiziranje uvjeta sušenja vlakna za izradu 3D predmeta printerom Makerbot MINI koji imamo u laboratoriju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ivan Nišandžić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Primjena metode ekspanzije teškog kvarka na inkluzivne semileptonske raspade teških hadrona	
<p>U okviru ovog diplomskog rada, student će se upoznati s osnovama primjene metode ekspanzije teškog kvarka na inkluzivne semileptonske raspade teških hadrona u hadrone koji uključuju šarmantni kvark, kao i nabijeni laki lepton i neutrino u konačnim stanjima. Jedan od glavnih ciljeva rada je pokazati da partonski model točno opisuje inkluzivne raspade teških hadrona kroz raspad slobodnog teškog kvarka, u granici beskonačno velike mase b-kvarka. Osim toga, student će naučiti kako sustavno uključiti neperturbativne $1/m_b$ popravke u formule vodećeg reda. Analiza će ilustrirati učinke ovih popravki na diferencijalnu distribuciju raspada po energiji nabijenog leptona. Ovaj bi problem trebao pomoći studentu da stekne iskustvo s idejama i tehnikama efektivne teorije polja teškog kvarka. Nekoliko pedagoških pregleda odgovarajućih metoda dostupno je studentima, što uključuje odabrana poglavlja dolje navedenih referenci. Literatura: 1) Manohar, Wise, 'Heavy Quark Physics', 2000, Cambridge University Press (šesto poglavlje) 2) L. Koyrakh, 'Semileptonic Decays of Heavy Flavors in QCD', https://arxiv.org/abs/hep-ph/9607443, 3) M. Shifman, 'Lectures on Heavy Quarks in Quantum Chromodynamics', https://arxiv.org/abs/hep-ph/9510377v1.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Maja Novak	Institucija: pmf
Informacijski i vremenski optimalno odlučivanje u staničnoj kongresiji	
<p>Pravilna podjela genetskog materijala značajno ovisi o kongresiji, tj. kretanju kromosoma duž diobenog vretena prema mjestu buduće metafazne ravnine. Kongresija kromosoma može se smatrati problemom staničnog odlučivanja, jer stanica mora pažljivo odrediti optimalan trenutak kako bi izbjegla formiranje neispravnih veza s diobenim vretenom, a opet dovoljno brzo započela kongresiju. Cilj ovog diplomskog rada jest formulirati reakcije u biokemijskoj mreži kongresije (CENP-E – Aurora B – Aurora A – KMN) kao sustav običnih diferencijalnih jednačini koje istražiti uvjete za postojanje režima bistabilnosti u odnosu na kontrolni parametar, koncentraciju molekule Aurora A. Za pronalaženje režima bistabilnosti koristit će se metode evolucijskog pretraživanja (npr. genetski algoritmi). U skupu biokemijskih mreža koje posjeduju svojstvo bistabilnosti student će odrediti vremensku i informacijsku optimalnost pomoću mjera kao što su uzajamna informacija između vremena donošenja odluke i stvarnog stanja stanice tijekom kongresije. Ako bude dodatne motivacije, u okviru diplomskog rada planirano je provesti i stohastičke simulacije primjenom Gillespijevog algoritma na biokemijskim mrežama s najvećom vremenskom i informacijskom optimalnošću.</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	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Dielektrična svojstva i plazmoni u dopiranom stroncijevom titanatu (SrTiO₃) iz prvih principa	
<p>Iako je supravodljivo stanje u dopiranom stroncij titanatu (SrTiO₃) otkriveno prije mnogo godina, mehanizam sparivanja elektrona i dalje ostaje nerazjašnjen te izaziva interes mnogih znanstvenika iz raznih područja čvrstog stanja i znanosti o materijalima. Kroz godine, kao mehanizam sparivanja u supravodljivo stanje 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, međuigre polarnih fonona, elektrona i plazmona, te nekonvencionalnog supravodljivog stanja u SrTiO₃.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Elektron-fonon fluktuacije u TiSe₂	
<p>Titanijev diselenid TiSe₂ je polumetal koji na kritičnoj temperaturi od oko 200K prelazi u stanje vala gustoće naboja popraćeno sa strukturnim modifikacijama. Točan mehanizam koji stoji iza tog prijelaza je nerazjašnjen te se aktivno diskutira o nekoliko glavnih mehanizama. Jedan prijedlog je da iza tog prijelaza stoji jaka elektron-fonon interakcija, dok drugi predlažu da meko elektronsko kolektivno pobuđenje (npr. plazmon ili exciton) inducira val gustoće naboja. Kao jedna od nerazjašnjenih pojava u TiSe₂ je anomalna otpornost koja pokazuje vrh na temperaturi od 150K te se smanjuje do temperature prijelaza u val gustoće naboja. Cilj ovog istraživanja je proučiti ponašanje otpornosti u TiSe₂ oko prijelaza u val gustoće naboja te predložiti jake elektron-fonon fluktuacije kao razlog za pojavu anomalne otpornosti u ovisnosti o temperaturi. Time ćemo pokušati ukazati na fononski doprinos valu gustoće naboja u TiSe₂.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Opća teorija relativnosti u edukacijskim i popularizacijskim aktivnostima iz fizike	
<p>U radu će se razraditi ideje kako kroz pokuse i modele upoznati učenike s osnovnim konceptima opće teorije relativnosti Alberta Einsteina. Rano upoznavanje učenika s temama suvremene fizike može biti važno za popularizaciju znanosti i poticanje interesa za fiziku. Opća teorija relativnosti, koja opisuje gravitaciju kao zakrivljenost prostor-vremena uzrokovanu masom i energijom, jedna je od najvažnijih teorija moderne fizike. Unatoč njezinoj složenosti i zahtjevnom matematičkom temelju, ključni koncepti mogu se pojednostaviti i prilagoditi uzrastu učenika. Naglasak može biti na konceptualnom razumijevanju zakrivljenosti prostora i gravitacijskog privlačenja, pri čemu eksperimenti i analogije pomažu u prikazivanju kako masa utječe na prostor. Napredniji pojmovi, poput prostor-vremena i gravitacijskih valova produbljuju shvaćanje suvremenih znanstvenih koncepata. Uključivanje ovih tema u nastavu fizike ili izvannastavne aktivnosti može potaknuti razvoj apstraktnog razmišljanja i znatiželju i pružiti učenicima temelje za daljnje obrazovanje u STEM područjima te razumijevanje svijeta kroz prizmu moderne znanosti. (1) Magdalena Kersting, A case for conceptual approaches in general relativity education, 2022, Astronomy Education Journal 2(1) DOI: 10.32374/AEJ.2022.2.1.040p</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Uporaba mikroskopa u nastavi fizike	
<p>Različite vrste edukativnih digitalnih mikroskopa, uključujući one s LCD ekranima, sve više se koriste u obrazovnim ustanovama zbog njihove pristupačnosti i tehnoloških mogućnosti. Ovi mikroskopi omogućuju prikaz slike u stvarnom vremenu, povećanu interakciju učenika s mikroskopskim svijetom te jednostavno dijeljenje slika i videa. Međutim, unatoč njihovoj popularnosti, izazovi poput razumijevanja stvarnog povećanja, kvalitete optike, te ograničenja razlučivosti često uzrokuju nejasnoće i pogrešne interpretacije kod učenika i nastavnika. Istraživanjem različitih modela, njihova praktična primjena te edukacija o osnovnim karakteristikama postaju ključni za njihovu optimalnu upotrebu u obrazovanju. Fokus ovog rada je analizirati prednosti i nedostatke ovih uređaja te ponuditi smjernice za njihovo učinkovito korištenje u nastavi fizike i drugih prirodoslovnih predmeta.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Modeliranje prostorno-vremenskih klimatskih podataka	
<p>Ovaj rad bavi se analizom klimatskih podataka prikupljenih tijekom posljednjih deset godina na području planine Velebit, pri čemu su naglašeni fizikalni koncepti i principi korišteni u obradi i modeliranju podataka. Fokus je stavljen na proučavanje prostorno-vremenskih varijacija ključnih klimatskih parametara (1), uz primjenu fizikalnih zakona koji opisuju prijenos energije i mase u krškim sustavima. Modeliranje trendova provest će se koristeći statističke metode i alate koji omogućavaju modeliranje fizikalnih zakonitosti. (1) Stroj, Andrej ; Paar, Dalibor Water and air dynamics within a deep vadose zone of a karstmassif: Observations from the Lukina jama–Trojama cavesystem (–1, 431 m) in Dinaric karst (Croatia) // Hydrological processes, 33 (2019), 551–561. doi: 10.1002/hyp.13342</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Istraživanje mogućnosti postojanja najteže $N=Z$ jezgre ^{164}Pb	
U okviru ove teme, koristeći nekoliko različitih relativističkih energetske funkcionala gustoće bit će istraženo je li moguće postojanje ^{164}Pb , najteže moguće $N = Z$ dvostruko magične jezgre. Bit će određene energije separacije jednog i dva protona za ^{164}Pb kao i za niz susjednih izotopa. Poluvrijeme emisije jednog i dva protona bit će određeno korištenjem Wentzel-Kramers-Brillouinove aproksimacije. Također će detaljnije biti istražene jednočestične energije najvažnijih stanja koja imaju doprinose emisiji protona. Konačno, bit će istražena i vjerojatnost za alfa raspad ^{164}Pb , kako bi se razjasnili dominantni kanali raspada te jezgre. Ova su istraživanja od posebne važnosti kao potpora za aktualne planove nadogradnje eksperimentalnog FRIB sustava u RIKEN istraživačkom centru u Japanu, a perspektive mjerenja ^{164}Pb također doprinose razumijevanju energetske funkcionala gustoće.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Indikacija faznog prijelaza oblika atomskih jezgara u vremenima poluživota beta raspada	
U okviru ove teme bit će istražena koegzistencija oblika u atomskim jezgrama i moguća poveznica između faznih prijelaza oblika i vremena poluživota nuklearnog beta raspada. Konkretno, bit će istraženo nekoliko izotopnih lanaca u kojima dolazi do promjene oblika, i pripadajuća vremena poluživota za beta raspade, kako bi se vidjelo postoji li njihova poveznica. Svojstva osnovnog stanja atomskih jezgara bit će opisana u okviru relativističkog Hartree-Bogoliubov modela, dok će se relevantni prijelazi koji doprinose beta raspadu istražiti pomoću relativističke kvazičestične aproksimacije slučajnih faza. Ovisno o dobivenim rezultatima, bit će predložene perspektive za buduća mjerenja nuklearnih beta raspada relevantnih za razumijevanje poveznice faznog prijelaza oblika jezgre i nuklearnih beta raspada.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetsko ponašanje slojevitih hibridnih halogenokuprata(II)	
Novi hibridni spojevi slojevitih halogenokuprata(II) sintetiziraju se na Kemijskom odsjeku PMF-a i istražena im je kristalna struktura. Ovisno o sintezi, student će se baviti proučavanjem niza od nekoliko kemijskih spojeva. U diplomskom radu istražiti će se statičko magnetsko ponašanje tih struktura u širokom rasponu temperatura i magnetskih polja pomoću SQUID magnetometra, uz eventualno korištenje i dodatnih uređaja. Modeliranjem magnetizacije dobit će se i jakost magnetskih međudjelovanja te opisati dimenzionalnost magnetskog podsustava. Na kraju će se povezati magnetska svojstva s kristalnom strukturom spojeva.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Mjerenje i modeliranje magnetskih svojstava materijala	
Student će se upoznati s fizikalnim osnovama rada nekih magnetometara, izmjeriti ovisnost statičke magnetizacije o temperaturi i polju, te modelirati te podatke nekom od naprednijih metoda radi dobivanja parametara magnetskih međudjelovanja. Pored sklonosti eksperimentalnom radu, jako je poželjna i vještina programiranja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: dr. sc. Lovro Palaversa	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Određivanje udaljenosti zvijezda pomoću širokopojasne fotometrije	
<p>Određivanje udaljenosti, pa tako i udaljenosti zvijezda, fundamentalan je problem astrofizike. Većini zvijezda udaljenost nije moguće odrediti izravno (radarski ili metodom trigonometrijske paralakse), nego je potrebno razviti metode pomoću kojih se iz opaženih karakteristika zvijezda može odrediti udaljenost. Kao što je pokazano s podacima Sloan Digital Sky Survey-a, Pan-STARRS-a i podacima misije Gaia, širokopojasna fotometrija zvijezda od bliskog UV-a do bliskog IR-a može se koristiti za procjenu udaljenosti, zastupljenosti metala i ekstinkcije međuzvjezdanom prašinom duž dogleđnice za zvijezde u Galaksiji. U očekivanju fotometrijskog kataloga s desecima milijardi zvijezda iz Legacy Survey of Space and Time (LSST) Vera C. Rubin opservatorija, razvijena je i PhotoD metoda fotometrijskog određivanja udaljenosti pomoću LSST podataka (Palaversa et al. (2025)). Zainteresirani studenti/ce će prilikom izrade diplomskog rada imati priliku sudjelovati u primjeni i testiranju poboljšanja vezanih uz uključivanje modela za populacije zvijezda koje do sada nisu uključene u izračune i usporedbi rezultata s dobivenih photoD metodom s rezultatima dobivenim pomoću spektroskopije i trigonometrije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Istraživanje utjecaja mehaničke deformacije na dinamička svojstva telurida olova	
<p>Dopirani teluridi olova su dobro poznati termoelektrični materijali, no pokazuju i mnoštvo zanimljivih elektronskih svojstava, poput nekonvencionalne supravodljivosti i topološki netrivialnih faza. Dinamika kristalne rešetke u ovim spojevima je također intenzivno istraživana, prije svega zbog pojave lokalnih strukturnih fluktuacija i niskoležećih polarnih fononskih grana. Istraživanje vezanja između elektronskog sustava i rešetke je stoga ključno za razumijevanje svojstava ovih materijala. U ovom radu će se koristiti mehanička deformacija, uključujući elastično uniaksijalno naprezanje i plastičnu deformaciju, kao parametar za manipulaciju dinamičkim svojstvima rešetke telurida olova i kositra. Promjene u ponašanju lokalnih modova i fonona pod utjecajem naprezanja će biti korelirane s promjenama elektronskih svojstava, što će pružiti nove uvide u fiziku ovih važnih sustava. Primarne eksperimentalne tehnike će biti raspršenje neutrona uz primjenu in situ uniaksijalnog naprezanja, te neelastično raspršenje x-zraka na plastično deformiranim uzorcima. Kombinacija tehnika će omogućiti detaljnu karakterizaciju strukturnih promjena i niskoenergetskih dinamičkih svojstava.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Kvalitativna evaluacija nastavne sekvence o energiji	
<p>Energija je jedna od zahtjevnijih, a istovremeno iznimno važnih nastavnih tema kurikuluma fizike u gimnazijama. Grupa za edukacijsku fiziku i metodiku nastave fizike na Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu razvija zato nove nastavne materijale i nastavnu sekvencu za istraživački usmjereno poučavanje cjeline Energija u gimnazijama. Materijali su još u fazi testiranja te je važno na više načina procijeniti njihovu učinkovitost i primjerenost za učenike prvih razreda općih gimnazija. Ovaj je diplomski rad zamišljen kao doprinos kvalitativnoj evaluaciji učinka nove nastavne sekvence o energiji u trajanju od deset nastavnih sati. Diplomand bi nakon svakog održanog sata proveo polustrukturirane intervju s troje učenika iz jednog prvog razreda opće gimnazije u Zagrebu, u kojemu će nastavna sekvenca biti pilotirana. Intervju bi se zvučno snimali i poslije transkribirali te kvalitativno analizirali. Cilj bi bio procijeniti učeničko razumijevanje ključnih pojmova vezanih uz energiju nakon nastave i uočiti moguće učeničke poteškoće te prednosti i nedostatke novog nastavnog pristupa. Diplomand/ bi se kroz rad upoznao s metodama i rezultatima edukacijskih istraživanja u fizici, stručnom literaturom vezanom uz energiju i već postojećim istraživanjima učeničkog i studentskog razumijevanja energije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Simulirane distribucije čestica dobivene različitim ugađanjima u modernim detektorima	
<p>Kako bi se potvrdila odstupanja mjerenja od teorije, relativistički sudari čestica simuliraju se Monte Carlo simulatorima koji prate fizikalne zakonitosti kvantne kromodinamike. No, nakon samog sudara dolazi do fragmentacije partona koju unutar te teorije nije moguće egzaktno opisati. Stoga se simulatori prilagođavaju tako da opisuju stvarne podatke izmjerene na detektorima. Pojedini simulator ima više mogućih prilagodbi (tuneova), svaka od kojih je prilagođena nekom detektoru, a on pak prekriva samo neki dio prostora oko točke događaja. U ovom radu će student istražiti kako korištenje različitih prilagodbi utječe na distribucije čestica i varijabli koje ih opisuju u dijelu prostora za koji prilagodbe nisu tipično rađene. Simulirat će se sudari na energiji centra mase koja odgovara nekoj od energija modernih eksperimenata u nekoliko različitih prilagodbi. Osim provjere distribucija kinematičkih varijabli čestica, napraviti će se nezavisna simulacija depozicije energije čestica u detektoru koja opisuje distribucije u stvarnim detektorima. Razmotrit će se odgovor na pitanje koliko je potrebno prikupiti podataka kako bi se na stvarnom detektoru mogle izmjeriti razlike za različite prilagodbe, ovisno o dijelu prostora u kojem se nalazi detektor. Za usporedbu razlika iskoristit će se nekoliko različitih metoda.</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>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Petar Popčević	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Anomalni Hallov efekt u kompleksnim magnetima	
<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 tanke slojeve te se istražuje njihov potencijal za primjene u elektronici, spintronici i dr.; drugi razlog je njihova kvazi-dvodimenzionalna (slojevita) struktura koja pospješuje korelacijske efekte što rezultira bogatstvom raznih osnovnih stanja. Interkalacijom magnetskim ionima dobivamo koezistenciju metalnih i magnetskih podsustava te njihovo međudjelovanje rezultira kompleksnim te potencijalno funkcionalnim 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. Ovaj sustav kao posljedicu međudjelovanja vodljivih elektrona i uređenih magnetskih momenata pokazuje velik anomalni Hallov koeficijent. Student će se upoznati s osnovnim metodama karakterizacije kristala te tehnikama mjerenja magnetotransporta u magnetskom polju. Mjerenjem Hallovog koeficijenta te magnetske susceptibilnosti, istraživati će se porijeklo anomalnog Hallovog koeficijenta u ovom i srodnim sustavima.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Petar Popčević	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Termoelektrična svojstva dihalogenida prijelaznih metala	
Seebeckov koeficijent je svojstvo materijala da generira električni napon u slučaju postojanja temperaturnog gradijenta. To je koeficijent ključan za proučavanje termoelektrika. No isto tako, ovaj koeficijent nam daje informaciju i o elektronskoj strukturi materijala, a osjetljiv je i na magnetska uređenja te elektron-fonon interakciju. Cilj ovog istraživanja je izmjeriti električni otpor, Seebeckov koeficijent i toplinsku vodljivost kobaltom interkaliranog TaS ₂ , te podatke korelirati s magnetskim i magnetotransportnim mjerenjima. Jedna od zanimljivosti C1/3TaS ₂ sustava je njegovo kompleksno magnetsko uređenje koje značajno utječe na njegova električna svojstva što ga čini potencijalno primjenjivim u spintronici, kao i predmetom intenzivnih fundamentalnih istraživanja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Valovi gustoće spina inducirani magnetskim poljem u kvazi-jednodimenzionalnim sustavima	
Cilj diplomskog rada proučiti je teorijski model stabilizacije osnovnog stanja vala gustoće spina u sustavu anomalne, kvazi-1D efektivne dimenzionalnosti. Ovaj model temelji se na iznimno razvijenoj eksperimentalnoj pozadini izučavanja ponašanja organskih metalnih sustava visoke anizotropije jedinične ćelije poput Bechgaardovih i Fabreovih soli u jakom magnetskom polju. Tijekom rada valja se upoznati s konceptom ugnježdenja Fermijeve plohe, susceptibilnosti elektronskog plina u sustavima anomalne dimenzionalnosti, orbitalnim učincima magnetskog polja i Landauovom kvantizacijom, a što sve vodi na tzv. standardni model kvantiziranog ugnježdenja koji predstavlja paradigmu za razumijevanje valova gustoće spina u ovoj klasi fizikalnih sustava.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Cornelius Stefan Rampf	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Cosmic large-scale structure as an effective multi-resolution problem	
The cosmic large-scale structure (LSS) is the vast, web-like distribution of matter in the Universe, shaped by gravitational instability from primordial density fluctuations. Analysing the LSS is essential for testing the standard cosmological model and constraining fundamental parameters. A powerful approach to modelling LSS evolution is through effective field theory, where coarse-graining techniques (e.g., sharp UV cutoffs) are applied to the initial conditions of our structured Universe, allowing for perturbative analyses of an effective cosmic fluid. This project aims to develop and test an alternative effective description that, in addition to coarse-graining, incorporates a stretching transformation of the initial conditions -- akin to renormalisation group (RG) methods introduced by Kadanoff and Wilson. This secondary transformation is designed to analyse the LSS at a reduced spatial resolution which reduces its computational complexity, while providing theoretical control of the model uncertainties. However, to evolve such effective fluids with sufficient precision, numerical (N-body) techniques are required. The project will begin with simplified one-dimensional tests, using provided N-body codes that run on standard laptops. Depending on progress, we may explore extensions to three-dimensional simulations. The ideal candidate should have programming experience in Python and, preferably, some background in cosmology through relevant coursework.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Cornelius Stefan Rampf	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Refining the Force Computation in Cosmological N-body Simulations	
<p>Cosmological N-body simulations are the state-of-the-art tool for modelling the evolution of the large-scale structure of the Universe. A key component of these simulations is the computation of gravitational forces to update the momenta of N-body particles. Typically, this relies on interpolation techniques such as the cloud-in-cell (CIC) method or its higher-order refinements, as the force is determined only at mesh points, but not at the particle positions. The goal of this project is to systematically explore alternative techniques for the force computation. Specifically, the project will investigate: 1. Non-uniform fast Fourier transforms (NUFFT), which eliminate the need for interpolation since the force can be directly evaluated at the appropriate position. 2. A semi-classical approach to gravitational dynamics, in which the gravitational force is determined via a wave function associated with the collisionless Boltzmann system, exploiting a mathematical correspondence between the Vlasov and Schrödinger equations. The required numerical computations can be performed on standard computers/laptops, while high-resolution simulations can leverage local or national computing clusters. The ideal candidate should have programming experience in Python and, preferably, some background in cosmology through relevant coursework.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ryan Tyler Requist	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Theory of energy transfer in condensed matter systems	
<p>Electronic devices lose energy to heat. Solar cells convert sunlight into electrical energy. Energy transfer is central to these and many other physical processes, yet it is challenging to calculate, and many theories assume that the interactions that drive energy transfer are weak. If the interactions are not weak, quantum perturbation theory is not guaranteed to give useful results. Adiabatic perturbation theory is a developing toolkit of methods that are not limited to weak interactions. Instead, they exploit the slowness with which some property of the system changes in space or time. In condensed matter systems, electrons and nuclei interact via the Coulomb interaction, which is by no means weak. Nevertheless, the difference in the masses of electrons and nuclei is at least three orders of magnitude. This asymmetry provides us with a small parameter, the electron-to-nucleus mass ratio m/M, that can be exploited to accelerate computational methods, making it possible to calculate properties that were previously beyond reach. This project will use adiabatic perturbation theory to quantify energy transfer in irradiated condensed matter systems. The research will combine analytical calculations and numerical simulations to gain a deeper understanding of the mechanisms underlying energy transfer in few-body and many-body condensed matter systems. References: R. Requist, Adiabatic perturbation theory for two-component systems with one heavy component, <i>Phys. Rev. B</i> 111, 024311 (2025) [arxiv:2310.09189]. R. Requist, Quantum covariant derivative: a tool for deriving adiabatic perturbation theory to all orders, <i>J. Phys. A.: Math. Theor.</i> 56, 465301 (2023) [arxiv:2206.01716]. C. Li, R. Requist, E. K. U. Gross, Energy, Momentum and Angular Momentum Transfer between Electrons and Nuclei, <i>Phys. Rev. Lett.</i> 128, 113001 (2022) [arxiv.org:1908.04077].</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Davor Ristić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Kaotična dinamika uzrokovana nelinearnim sprezanjem optičkih i akustičnih modova mikrorezonatora pomoću tlaka elektromagnetskog zračenja	
<p>Teorija kaosa je jedno od najzanimljivijih i najatraktivnijih područja u modernoj znanosti. Njeno otkriće je uzrokovalo značajnu promjenu paradigme istraživanja dinamike nelinearnih sistema te je našlo mogućnosti primjene u svim područjima ljudskog djelovanja, od fizike, matematike, kemije i biologije do ekonomije. S druge strane mikronski optički rezonatori (tzv. rezonatori šapčuće galerije) zbog svojeg iznimno visokog faktora dobrote (Q-faktor) su zadnjih desetljeća intenzivno proučavani te su našli primjene u nizu područja kao što su kvantna elektrodinamika, senzorika, proizvodnja mikrolasera, generacija rf signala i dr. Relativno nedavno otkriveno je da tlak zračenja svjetlosti zatočene unutar sfernih mikrorezonatora može pobuditi kolektivne akustičke modove vibracija same mikrosfere. Sustav jednadžbi koji povezuje optičku (Maxwellove jednadžbe) i akustičku (Navier-Cauchieva jednadžba) dinamiku je nelinearan te može dovesti do prelaska akustičkih oscilacija u kaotičko gibanje. Diplomant koji bi prihvatio naš prijedlog diplomskog rada bi bio uključen u teorijsko proučavanje nelinearne dinamike gore-navedenog sistema. Numeričko rješavanje navedenog sistema može dovesti do prelaska u kaos kroz više mogućih puteva uključujući kroz dvostručavanje perioda, kroz kvaziperiodično gibanje po toriodu te kroz novotkriveni put u kaos koji iz gibanja dvostukog perioda prelazi u gibanje po dvostrukom toroidu. Poželjno je za diplomanta da posjeduje osnovno znanje o računalnom programiranju (po mogućnosti C/C++).</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Davor Ristić	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Mjerenja i analiza Ramanskih spektara pomoću strojnog učenja	
<p>Ramanova spektroskopija je standardna metoda za određivanje sastava nepoznatih uzoraka. Svaki spoj ima svoj specifični Ramanov spektar pomoću kojeg se može efikasno identificirati (kao pomoću otiska prsta). U slučaju smjese različitih spojeva, Ramanova spektroskopija se može iskoristiti za generiranje mape raspodjele pojedinih spojeva unutar uzorka što je vrlo korisno za analizu distribucije mikro i/ili nano čestica. U svrhu optimizacije identifikacije spojeva unutar mjernog područja od nedavno se sve više i više koristi strojno učenje na bazi neuronskih mreža. Tom metodom moguće je značajno unaprijediti preciznost i brzinu identifikacije raspodjele spojeva unutar uzorka. U toku diplomskog rada diplomant će sudjelovati u mjerenju Ramanskih spektara pomoću dva Ramanova spektrometra koja imamo na raspolaganju u našem laboratoriju: Renishaw Invia te Witec Alpha300RA. Uzorci koje ćemo analizirati će se sastojati od smjese raznih Ramanovih raspršivača čija detekcija u obliku mikročestica ima potencijalnu primjenu u industriji, kao što su kortiko-steroidi i/ili mikroplastike. U svrhu analize Ramanskih mapa pomoću metode povećanja podataka (data augmentation) generirati će se baza podataka od Ramanskih spektara referentnih spojeva koja će služiti za treniranje neuronske mreže. Sama arhitektura neuronske mreže koju ćemo koristiti će se sastojati od 5-7 slojeva, i to konvolucijskih, udružbenih (pooling) te gustih (dense). Treniranje neuronske mreže će se vršiti standardnom metodom stohastičkog spuštanja po gradijentu. Po treniranju neuronska mreža će se koristiti za analizu Ramanskih mapa. Poželjno je za diplomanta da posjeduje osnovno znanje o računalnom programiranju (po mogućnosti C/C++/CUDA).</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Anđelo Samsarov	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Aksijalne i polarne gravitacijske perturbacije Schwarzschildove crne rupe	
<p>Jedno od najradikalnijih predviđanja Opće teorije relativnosti je postojanje crnih rupa. Tijekom posljednjih desetljeća mnogo se naučilo o stabilnosti crnih rupa, njihovoj termodinamici te je razvijena linearizirana teorija perturbacije. Posebice je zanimljivo proučavanje potonje teorije jer je njena primjena ukazala na određena kvantna svojstva crnih rupa. Prvi matematički tretman teorije perturbacije crne rupe načinili su Regge i Wheeler, a kasnije ih je nadopunio Zerilli. U prvom redu aproksimacije, te se perturbacije rastavljaju u normalne modove harmonijskih oscilacija. Frekvencije tih oscilacija nazivaju se kvazinormalnim, budući se radi o kompleksnim brojevima. Realni dio tih frekvencija predstavlja frekvenciju titranja, dok imaginarni dio predstavlja gušenje odgovarajućih modova. Ovakav kompleksni spektar od velike je važnosti jer je izravno povezan s specifičnim svojstvima crne rupe, kao što je primjerice masa. Crna rupa može oscilirati na frekvencijama koje su karakteristične za samu crnu rupu. Ideja rada je istražiti aksijalne i polarne perturbacije Schwarzschildove geometrije.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Anđelo Samsarov	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Kvazinormalni modovi fermionskih perturbacija Reissner-Nordströmове crne rupe	
Kvazinormalni modovi (KNM) su svojstveni modovi disipativnog sustava. Perturbacije klasične gravitacijske pozadine crne rupe prirodno vode na kvazinormalne modove. Analiza i klasifikacija KNM spektara zahtijeva rješavanje problema svojstvenih vrijednosti za nehermitske operatore koji proizlaze iz odgovarajućih linearnih diferencijalnih jednačbi. U astrofizici, detekcija kvazinormalnih modova u eksperimentima vezanim uz potragu za gravitacijskim valovima direktno je vezana uz pojavu mogućnosti preciznog mjerenja mase i angularnog momenta crne rupe, kao i uz otvaranje novih mogućnosti testiranja opće teorije relativnosti. U ovom radu planira se izučiti kvazinormalne modove fermionskih perturbacija crne rupe Reissner-Nordström tipa.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zdravko Siketić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Razvoj i instalacija sustava za implantaciju iona s energijama do 150 keV uz mikrometersku prostornu preciznost	
U Laboratoriju za interakcije ionskih snopova (LIIS) Instituta Ruđer Bošković već se nekoliko godina razvija implanter za ubrzavanje pozitivnih i negativnih iona maksimalnim naponom od ± 150 kV. U sklopu CERIC-ERIC projekta Triple I planira se nadogradnja ionskog izvora implantera, čime će se omogućiti ubrzavanje široke palete pozitivnih iona, od H do Au, na energije do 150 keV. Na taj način, implanter će postati dio instrumentalne opreme dostupne unutar CERIC-ERIC konzorcija, čiji je LIIS član. Glavna primjena implantera bit će ionska implantacija uz prostornu preciznost reda veličine mikrometra. Za ostvarenje ove razine preciznosti potrebno je nadograditi i dovršiti izlaznu optiku implantera, jer trenutni sustav omogućava implantaciju snopova širine nekoliko milimetara. Program rada diplomanda obuhvaćao bi: 1. Računalne simulacije ionske optike za optimalno pozicioniranje optičkih elemenata potrebnih za fokusiranje ionskog snopa. 2. Instalaciju postojećih optičkih elemenata, uključujući optičke pukotine i elektromagnetske leće, te njihovo precizno optičko poravnanje. 3. Testiranje sustava za fokusiranje iona te mjerenje prostorne razlučivosti ionskih snopova He i Ar u energijskom rasponu od 50 do 150 keV.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Skenderović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Izrada računalno generiranih holograma pomoću femtosekundnog lasera	
Razlika između fotografije i holograma je u tome da fotografija bilježi intenzitet svjetla dok hologram bilježi intenzitet i fazu. Holografija se ostvaruje zapisivanjem interferentnih pruga između koherentnog svjetla i svjetla koje se reflektira od objekta. Za rekonstrukciju slike potrebno je hologram obasjati koherentnom svjetlošću. Rekonstruirana slika tada posjeduje sve osobine objekta poput dubine fokusa ili perspektive. Međutim, razvojem numeričkih metoda moguće je računalno generirati hologram (CGH) koji predstavlja sliku nekog realnog ili izmišljenog objekta. Ovakav CGH je 2D matrica realnih brojeva koja se može fizički zapisati u neki medij. Metode CGH se koriste u 3D oslikavanju (imagingu), holografskoj kriptografiji, pohranjivanju podataka i drugdje. Zapis CGH-a na neki medij je nekada bio ograničen kompliciranim litografskim metodama, a jedna od alternativa je direktno zapisivanje laserom. Jedinstvene osobine fs lasera omogućuju kvalitetan zapis visoke rezolucije (~ 8000 dpi) odnosno reprodukciju većih objekata iz holograma male veličine. Diplomski rad bi se sastojao u ovladavanju numeričkim metodama za izradu CGH i rekonstrukciju slike, te ispitivanju utjecaja pojedinih parametara na kvalitetu rekonstrukcije. Tome bi se dodala i izrada holograma na reflektirajućoj površini metala pomoću fs lasera i izrada holograma ispod površine transparentnih materijala. [AL Brkić, V. Cviljušac, H. Skenderović, and M. Rakić, Appl. Opt. 62, D119-D124 (2023)]	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Skenderović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Generiranje svjetlosti s orbitalnim angularnim momentom 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, računalo 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 sa 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 detekciju OAM snopova u laboratoriju pomoću SLM uređaja. [A. M. Dezfouli, H. Skenderović, Higher-order topological charge detection using off-axis parabolic mirror, Appl. Phys. Lett. 124, 101106 (2024)]</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Precizno određivanje parametara jedinične ćelije metodom rendgenske difrakcije	
<p>Rendgenska difrakcija (XRD) fundamentalna je eksperimentalna tehnika za određivanje kristalne strukture. Među brojnim primjenama ističe se njena važnost za precizno određivanje parametara jedinične ćelije. Precizno određivanje parametara jedinične ćelije važno je iz nekoliko razloga: u karakterizaciji materijala precizno određeni parametri jedinične ćelije pomažu u identifikaciji i karakterizaciji materijala što je ključno za razumijevanje svojstava materijala i njihovih potencijalnih primjena; kod izučavanja toplinskih svojstava poznavanje preciznih parametara omogućuje određivanje koeficijenata toplinskog širenja, što je važno za materijale koji se koriste u okruženjima s promjenjivim temperaturama; u analizi sastava materijala budući da u čvrstim otopinama parametar jedinične ćelije varira s koncentracijom otopljenih tvari. Precizna mjerenja mogu se koristiti za izračunavanje mikrostrukturnih parametara materijala, kao što su makrodeformacije i razni defekti kristalne rešetke. Točno određivanje parametara jedinične ćelije također je ključno za razvoj i optimizaciju novih materijala sa željenim svojstvima. U okviru diplomskog rada izučit će se točnost, preciznost/reproducibilnost i sistematske pogreške kod preciznog određivanja parametara rešetke. Izučavat će se različite metode određivanja položaja difrakcijskih maksimuma (maksimum intenziteta, težište maksimuma, projekcije, prilagodba na Gaussian/Lorentzian), funkcije ekstrapolacije, te razne metode određivanja parametara (Cohenova, Renningerova, metoda standarda, Rietveldova metoda i sl.). Cilj diplomskog je odrediti najbolje uvjete izvođenja eksperimenta i optimalan model za dobivanje preciznih parametara jedinične ćelije. Dobiveni rezultati će se testirati na komercijalnim standardima koji se koriste za baždarenje u difrakcijskim eksperimentima (LaB6 i Si).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Određivanje veličine i oblika kristalita nevidljivih mikroskopu	
<p>Razumijevanje nesavršenosti kristalne rešetke materijala esencijalno je u modernim istraživanjima ciljanih na razvoj novih materijala budući da veličina kristalita, raspodjela kristalita po veličini te mikrodeformacije određuju konačna svojstva materijala. Određivanje nesavršenosti kristalne rešetke većinom se temelji na nekoliko različitih pristupa. Prvi od tih pristupa je Warren-Averbach-Bertautova metoda koja se zasniva na dekonvoluciji Fourierovog transformata u svrhu dobivanja intrinzičnog difrakcijskog profila, nakon čega slijedi određivanje veličine kristalita i deformacija kristalne rešetke. Drugi pristup, Williamson-Hallov metoda, kreće od pretpostavke da se difrakcijski profili koji proizlaze iz veličine kristalita i deformacija mogu opisati Cauchyevom ili Gaussovom funkcijom. Razvoj ove metode nastavljen je upotrebom Voigtove funkcije, koja je superiorna aproksimacija za opis oba profila. Još jedan način određivanja nesavršenosti kristalne rešetke, sve popularniji, je Rietveldova metoda gdje se utočnjava cijela difrakcijska slika pri čemu se u obzir uzimaju razni instrumentalni doprinosi kao i svi doprinosi proširenju difrakcijskih maksimuma koji proizlaze iz nesavršenosti kristalne rešetke materijala. Za razliku od Warren-Averbachove metode, sve ostale metode daju usrednjenu veličinu kristalita (u svim smjerovima), koja ne pruža nikakvu informaciju o obliku kristalita koji može imati veliku ulogu u svojstvima materijala. S druge strane, Warren-Averbachova metoda analizira svaki difrakcijski maksimum ponaosob i za svaki od njih daje dimenziju kristalita u smjeru okomitom na kristalne ravnine određene tim maksimumom. Na taj način se analizom nekoliko difrakcijskih maksimuma može odrediti veličina kristalita u raznim smjerovima i posljedično „skicirati“ oblik kristalita. U diplomskom radu pratit će se promjena veličine i oblika kristalita jednog od termoodskočnih materijala (oksitropium bromid, piroglutamatna kiselina, 1,2,4,5-tetrabromobenzen, ...) s promjenom temperature prije i nakon termoodskočne fazne pretvorbe te će se uočene promjene makroskopskog oblika kristalita korelirati s promjenama veličine jedinične ćelije. Termoodskočni materijali su oni koji prilikom grijanja/hlađenja prolaze kroz reverzibilnu faznu pretvorbu koja je toliko brza i energična da kristali doslovno skaču od podloge na udaljenosti par desetaka puta veće od njihovih dimenzija a karakterizirana je velikom i anizotropnom promjenom parametara jedinične ćelije. Zbog tog neobičnog svojstva predstavljaju obećavajuće materijale za izradu aktuatora, senzora i umjetnih mišića.</p>	
<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</p>	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Određivanje udjela amorfnе faze u materijalu metodom rendgenske difrakcije	
<p>Kvantitativna fazna analiza rendgenskom difrakcijom osnovna je tehnika je za određivanje relativnih udjela raznih kristalnih i amorfnih faza u uzorku. Ova metoda iznimno je bitna u znanosti o materijalima, fizici, kemiji, geologiji i ostalim poljima gdje je nužna radi razumijevanja svojstava i ponašanja materijala. U znanstvenim istraživanjima koristi se za izučavanje novih materijala, istraživanje faznih pretvorbi i identifikaciji odstupanja od željenih kristalnih faza. Uzorci koji sadrže nekoliko faza ili kompleksnih smjesa predstavljaju izazov za kvantitativnu faznu analizu te su često potrebni sofisticirani matematički algoritmi za dekonvoluciju preklapajućih difrakcijskih maksimuma i dobivanje točnih informacija o faznom sastavu. Poseban problem predstavlja prisustvo amorfnih faza uz kristalne faze. Tradicionalne difrakcijske metode vrlo su pogodne za analizu kristalnih materijala ali suočene su s ograničenjima u točnoj kvantifikaciji amorfnih faza. Jedna od najpreciznijih metoda je Rietveldovo utočnjavanje cijele difrakcijske slike uz dodavanje određene količine poznatog standarda. U literaturi postoji veliki broj radova koji se bave ovom tematikom, ali još nije utvrđeno koja je optimalna količina standarda koja mora biti dodana u materijal da bi fazna analiza kristalnih i amorfnih faza bila dovoljno precizna. U diplomskom radu će se analizirati određeni broj uzoraka (s unaprijed poznatim udjelom amorfnе faze) u koji će biti dodavane različite količine standarda i na temelju dobivenih rezultata kvantitativne fazne analize biti će definiran idealan raspon količine dodanog standarda. U radu će također biti opisane i različite metode koje se koriste u kvantitativnoj faznoj analizi.</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</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Raspodjela radiovalnih izvora u grupama galaksija u polju COSMOS	
Analizirat će se distribucija radiovalnih izvora unutar grupa galaksija u polju COSMOS, koristeći rendgenski katalog "COSMOS X-ray Group Catalog" i radiovalni katalog "VLA-COSMOS 3 GHz Multiwavelength Counterpart Catalog". Rezultati će se usporediti s kontrolnim uzorkom masivnih galaksija iz kataloga COSMOS2020.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Regularne crne rupe	
Crne rupe, kauzalno odvojeni dijelovi prostorvremena, jedan su od centralnih objekata u gravitacijskoj fizici, a njihova svojstva danas možemo proučavati u elektromagnetskom spektru (Event Horizon Telescope) i gravitacijskom spektru (LIGO). Niz teorema o singularitetima ukazuje na to da se pod određenim pretpostavkama prilikom gravitacijskog kolapsa materije formira horizont crne rupe i prostornovremenski singularitet u njoj unutrašnjosti. S druge strane, znamo da postoje crne rupe koje su rješenja gravitacijskih jednadžbi polja koje narušavaju neke od pretpostavki teorema i čija unutrašnjost je regularna. U ovom radu bi bio napravljen pregled regularnih crnih rupa i teorema koji ograničavaju njihovo postojanje.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Klasični i kvantni aspekti prostornovremenskih singulariteta	
Za prostornovrijeme kažemo da je singularno ako su neki njegovi geodezici nepotpuni i neproduktivni ili ako je neka od invarijanti zakrivljenosti neomeđena. Roger Penrose i Stephen W. Hawking su u 1960-ima pokazali nizom teorema pod kojim pretpostavkama je formiranje prostornovremenskog singulariteta neminovno prilikom gravitacijskog kolapsa materije. Nešto kasnije, Gary T. Horowitz i Donald Marolf su 1995. godine pokazali da neke kvantne probe ipak mogu biti regularne na pozadini singularnog prostorvremena. U ovom radu bi bili obrađeni klasični aspekti (teoremi o singularitetima) i kvantni aspekti (analiza kvantnih probi) prostornovremenskih singulariteta.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ana Sušac	Institucija: fer
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Mjerenje pokreta očiju studenata tijekom prepoznavanja interferencijskih i ogibnih uzoraka	
Prepoznavanje interferencijskih i ogibnih uzoraka jedan je od očekivanih ishoda učenja valne optike. Prethodna istraživanja pokazala su da učenici i studenti imaju poteškoće s uočavanjem važnih značajki pojedinih uzoraka i prepoznavanjem razlika među sličnim uzorcima. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti prepoznavanje interferencijskih i ogibnih uzoraka kod studenata tijekom rješavanja konceptualnih zadataka koji sadržavaju te uzorke. Mjerit će se pokreti očiju studenata tijekom rješavanja zadataka što će omogućiti dodatni uvid u studentske strategije i poteškoće.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: dr. sc. Neven Šantić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Lasersko hlađenje stroncija	
Lasersko hlađenje stroncija je ključno zbog njegove primjene u ultra-preciznim atomskim satovima, kvantnim simulacijama i fundamentalnim istraživanjima fizike. Optički satovi s stroncijem uhvaćenim u optičkim rešetkama su najprecizniji satovi današnjice. Njihova točnost doseže razinu ispod 10^{-18} što omogućuje primjenu u relativističkoj geodeziji ili mjerenju vremenske varijacije fundamentalnih konstanti. Ključni korak u postizanju takve preciznosti je lasersko hlađenje, kojima atome stroncija hladimo na temperature ispod $1 \mu\text{K}$ i omogućava njihovo zarobljavanje u optičkoj rešetki. Time se minimiziraju perturbacije i povećava preciznost mjerenja frekvencije atomskog prijelaza. U sklopu ovog diplomskog rada student će sudjelovati u izgradnji eksperimenta za lasersko hlađenje stroncija, s dugoročnim ciljem izgradnje atomskog sata. Ovo uključuje izgradnju, stabilizaciju i karakterizaciju laserskih sustava za hlađenje, izgradnju i karakterizaciju sistema za stvaranje i kontrolu kvadropolnog magnetskog polja te ugradnju i karakterizaciju Zeemanovog usporivača i magneto-optičke stupice.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Električni transport u slojevitim hibridnim organsko-anorganskim halogenometalima	
Slojeviti hibridni organsko-anorganskim halogenometalati spadaju u širu klasu multifunkcionalnih materijala, koji imaju potencijal za primjenu u brojnim industrijama. Općenito pokazuju svojstva višestrukog uređenja (npr. magnetskog i električnog). U ovom radu predviđeno je eksperimentalno istraživanje električnog transporta u odabranim uzorcima sintetiziranim na Kemijskom odsjeku PMF-a. Pri provođenju tog istraživanja student će se upoznati s eksperimentalnom aparaturom za istraživanje električnog transporta, što uključuje izvore struje i napona, te nanovoltmetre i elektrometre. Također će se upoznati s mjerenjem i kontrolom eksperimenta s pomoću računala. Nakon izvođenja mjerenja, podaci će se analizirati i usporediti s poznatim svojstvima tih spojeva iz recentne znanstvene literature.	
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	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Korištenje Arduino mikrokontrolera za izvođenje pokusa u fizici	
U sklopu ove teme koristit će se 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 za mjerenje udaljenosti, 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 mogu se koristiti za osmišljavanje zanimljivih pokusa za nastavu fizike, ali i za popularizaciju znanosti. Poželjno je da student ima osnovno iskustvo s programiranjem u nekom od standardnih programskih jezika.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Neven Tomičić	Institucija: pmf
Utjecaj vanjskih galaktičkih sila na distribuciju zvijezda i gustog molekularnog plina u asimetričnoj galaksiji NGC 2276.	
Galaksije su jedni od najvećih objekata u svemiru, u kojem galaktički međuzvjezdani medij izravno utječe na razvoj zvjezdanih populacija galaksija. Distribucija zvijezda i plina u disku galaksija, te time i proces formiranja zvijezda može direktno biti promjenjen radi utjecaja vanjskih galaktičkih sila. Primjer takvih sila su gravitacijske plimne sile od obližnjih galaksija i tlaka otpora zbog prolaska galaksije kroz međugalaktički plin. Galaksija NGC 2276 je rijedak primjer galaksije na koju utječu i plimna gravitacijska sila i tlak otpora u isto vrijeme, što uzrokuje asimetričnoj distribuciji mladih zvijezda. Cilj diplomskog rada jest određivanje utjecaja tih sila na distribuciju gustog molekularnog plina, te usporedbom teorijskih simulacija zvjezdanih populacija galaksije sa onima promatranima. Diplomski student će u ovom radu obrađivati i analizirati dvije vrste podataka: 1) pod-milimetarske podatke gustog molekularnog plina (HNC, HCO+, HCN, 13CO linije) sa ciljem mapiranja tog plina kroz NGC 2276 i određivanja efikasnosti formiranja zvijezda, te 2) simulirane podatke zvjezdane distribucije za danu galaksiju za usporedbu sa promatranim optičkim slikama. Tijekom izrade diplomskog rada, student će usvojiti znanje interpretacije mapa molekularnog plina i zvjezdanih populacija u galaksijama, znanje tehnika prilagodbe i mjerenje emisijskih linija, analizu podataka, te znanje pisanja znanstvenog rada.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Silvije Vdović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Određivanje jakosti elektron-fonon vezanja u dvodimenzionalnim materijalima temperaturno ovisnim mjerenjima ultrabrzetransijentne apsorpcije	
Unatoč velikom broju istraživanja, još uvijek nedostaje jasno razumijevanje utjecaja mnogočestičnih i korelacijskih efekata električnog naboja na dinamiku procesa poput stvaranja i relaksacije slobodnih nosioca naboja kao i dinamike stvaranja i disocijacije kvazičestica, posebice ekscitona. Kako se ti procesi odvijaju na kratkim vremenskim skalama, tehnike ultrabrze spektroskopije su idealne za njihovo proučavanje. Cilj ovog diplomskog rada je upoznati se s osnovama eksperimentalne femtosekundne laserske spektroskopije i kriogenih tehnika kroz temperaturno ovisna mjerenja optičkih svostava 2D materijala na niskim temperaturama. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će se osnovna znanja o međudjelovanju ultrakratkih laserskih pulseva lasera i materije, osnovnim elektronskim relaksacijskim procesima u poluvodičkim tankim slojevima, radu s optičkim kriostatom hlađenim tekućim helijem kao i steći niz praktičnih znanja povezanih uz analizu podataka, optimizaciju eksperimentalnog postava, te uz kontrolu i upravljanje eksperimentom. Kroz temperaturno ovisna mjerenja tranzijentne apsorpcije planira se odrediti jakost elektron-fonon vezanja 2D materijala iz porodice dihalogenida prijelaznih metala.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Natasa Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ana Akrap	Institucija: pmf
Oslikavanje eksciton-polaritona u nanometarski tankim uzorcima dihalogenida prijelaznih metala	
<p>Eksciton-polariton (EP) je kvazičestica koja je po svojoj prirodi djelomično svjetlost, a djelomično materija i koja se može opaziti u materijalima gdje se prisutno snažno međudjelovanje svjetlosti s materijom. Klasa materijala u kojima su opaženi jako vezani EP su tzv. dihalogenidi prijelaznih metala (TMDs) kemijske formule MX_2 ($M = Mo, W; X = S, Se$). TMDs su van der Waalsovi (vdW) poluvodički materijali s izraženim energetske procjepima u vidljivom dijelu elektromagnetskog spektra i jako vezanim ekscitonima pri sobnim temperaturama. Ovi ekscitoni mogu se spregnuti s fotonima i formirati EP kvazičestice. Zbog velike energije vezanja ekscitona, za očekivati je da će polaritoni u TMD-ovima biti stabilni i otporni na ambijentalne uvjete, što ovu klasu materijala čini pogodnima za tehnološke primjene, primjerice u nanofotoničkim uređajima. Kroz ovaj rad istražili bismo tehnikom nanooptičkog oslikavanja prisutnost EP kvazičestica u različitim prototipnim vdW poluvodičima, poput WS_2 i WSe_2. Duljina propagacije EP ovisi o energiji pobudnih fotona (633 nm), koja je u slučaju WS_2 rezonantna s ekscitonskom prijelazom. Valna duljina polaritona može se jednostavno mijenjati kontroliranjem debljine eksfoliranih uzoraka. Širokim rasponom različitih debljina uzoraka te različitim prirodom međudjelovanja svjetlosti s uzorcima (rezonantno vs. nerezonantno međudjelovanje) proučavali bismo propagacije duljine polaritona u tako pripremljenim kvazičestičnim valovodima. Student/studentica bi se upoznao/upoznala s tehnikom optičkog oslikavanja visoke rezolucije (nanooptičko oslikavanje) koja nam je dostupna na Institutu za fiziku, na tzv. s-SNOM mikroskopu. Ovaj instrument omogućava optičko oslikavanje s prostornim razlučivanjem znatno boljim od klasične difrakcijske granice, konkretno, boljom od 30 nm. Također, upoznat će se s tehnikom eksfolijacije vdW materijala, pripremom uzoraka te njihovom osnovnom karakterizacijom. Važnost ovog istraživanja je njegov potencijal za primjenu u nanofotoničkim sklopovima koji rade u vidljivom spektralnom području.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Natasa Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ana Akrap	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 (Al_2O_3). 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: dr. sc. Vinko Zlatić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Predviđanje dinamike sustava s pomoću neuralnih mreža	
<p>Zadnjih godinu dana snažno je porastao interes za predviđanje dinamike kompleksnih sustava. Jedan problem koji do sada još nije često rješavan je prepoznavanje tipa dinamike koja se odvija u sustavu iz vremenskih serija sustava. Kandidat bi u ovom diplomskom morao pročitati četiri relevantna rada, te adaptirati metodu iz jednog od radova na kreiranje duboke neuronske mreže uz pomoć koje bi klasificirao dinamički profil procesa koje će paralelno simulirati na clusteru zavoda za teorijsku fiziku. Kandidat će u ovom radu raditi na binarnim stohastičkim procesima, za koje je relativno jednostavno sastaviti ulazni sloj. Od kandidata se očekuje razumna vještina programiranja u pythonu, a očekuje se da će naučiti osnove dubokih neuronskih mreža, kao i simuliranja dinamike kompleksnih sustava.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dijana Žilić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Damjan Pelc	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. 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.</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
Molekulski spinski kvantni bitovi	
<p>Jedan od smjerova realizacije 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 opcije je što se ovi kvantni bitovi mogu dobiti kemijskim molekulskim dizajnom, počevši od željene sinteze te naknadnom kemijskom modifikacijom. Druga prednost ovakvog pristupa je jednostavno upravljanje elektronskim kvantnim stanjima primjenjujući elektromagnetsko zračenje. Idealna eksperimentalna tehnika za njihovo istraživanje je elektronska paramagnetska ili spinska rezonancija (EPR/ESR) koja se pokazala korisnom i u drugim područjima fizike čvrstog stanja, kemiji te biologiji. Naime, pored spomenog korištenja elektromagnetskog zračenja, impulsne tehnike EPR spektroskopije omogućuje mjerenje relaksacijskih vremena T1 i Tm. U ovom diplomskom radu istraživat će se svojstva odabranih molekulskih spinskih kvantnih bitova prijelaznih metala EPR spektroskopijom. Literatura: Vujević, L., Karadeniz, B., Cindro, N., Krajnc, A., Mali, G., Mazaj, M., Avdoshenko, S. M., Popov, A. A., Žilić, D., Užarević, K., Kveder, M. „Improving the molecular spin qubit performance in zirconium MOF composites by mechanochemical dilution and fullerene encapsulation“ Chemical Science 14, 9389–9399 (2023).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Silnice	
<p>Silnice su čest predmet nastavnoga gradiva. 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>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Prilagodba profila neutronskega snopa n_TOF postrojenja metodama strojnog učenja	
<p>n_TOF (neutron time of flight) postrojenje u CERN-u specijalizirano je za mjerenje neutronske inducirane nuklearne reakcije. Korišteni neutronske snop proteže se kroz desetak redova veličine u energiji. Jedno od bitnih svojstava toga snopa njegov je poprečni profil, tj. prostorna raspodjela gustoće neutrona oko osi snopa. Taj profil dostupan je u numeričkom obliku iz visoko specijaliziranih simulacija proizvodnje snopa. Njegov oblik nezanemarivo odstupa od naivnog gausijanskog te se i mijenja s energijom snopa. Dostupan numerički oblik ponešto je nezahvalan za korištenje te bi od velike praktične koristi bila parametrizacija profila u čitavom rasponu energija snopa. U ovome radu istražiti će se može li se barem aproksimativno identificirati jednostavna analitička forma za opis profila. No glavni pristup njegovoj parametrizaciji bit će primjena metoda strojnog učenja; specifično neuralnih mreža koje su poznate kao univerzalni aproksimatori.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	