

Odobrene teme za ak. godinu 2023/2024

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

Voditelj: dr. sc. Ivan Balog	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Računanje vjerojatnosti u kritičnim sustavima	
<p>Kolektivne pojave u kompleksnim sustavima privlače snažan interes u modernoj fizici. Radi se o pojavama u kojima mnoštvo dijelova nekog sustava sudjeluje u efektu koji se opaža na makroskopskoj skali. Srodne pojave nalazimo u svim granama fizike, od fizike kondenzirane materije, biofizike pa sve do fizike elementarnih čestica i polja. U ovom radu fokusirat ćemo se na primjenu formalizma za računanje raspodjela vjerojatnosti metodama neperturbativne renormalizacijske grupe, koje smo nedavno razvili. Kritične pojave karakteriziraju snažne fluktuacije parametra reda koje su jače od Gaussijanskih, kakve očekujemo u sustavima izvan kritičnosti. Raspodjela parametra reda univerzalna je funkcija. Univerzalnost znači da nema ovisnosti o mikroskopskim detaljima kritičnog sustava te s toga identične univerzalne veličine možemo vidjeti u vrlo različitim fizikalnim sustavima ako su u istoj klasi univerzalnosti. Specijalni interes u radu bit će na proučavanju utjecaja anizotropije sustava na raspodjelu parametra reda pošto se anizotropija može smatrati globalnim parametrom koji može utjecati na neke univerzalne veličine. Ideja ovog diplomskog rada jest učenje osnova metode neperturbativne renormalizacijske grupe na jednostavnom primjeru koji svejedno sadržava otvorena pitanja. Ova metoda je jedna od najmodernijih i najsveobuhvatnijih metoda za proučavanje kritičnog ponašanja bilo koje vrste, pa će znanje stečeno tijekom diplomskog biti od velikog interesa za studenta koji se želi nastaviti baviti trenutnim fundamentalnim teorijskim istraživanjima kompleksnih sustava.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Prof. dr. sc. Neven Žitomir Barišić	Institucija: pmf
Sinteza i karakterizacija dopiranog murunskita	
<p>Nedavno smo ovladavanjem sinteze (1) visoko kvalitetnih monokristala murunskita ($K_2FeCu_3S_4$) postigli značajan iskorak u istraživanjima materijala novih elektroničkih i magnetskih svojstava. Uz antiferomagnetsko uređenje na 100 K, ovaj potpuno novi materijal pokazuje poluvodičko ponašanje koje je uočeno kroz mjerenja otpora i optičke vodljivosti što je slično spojevima kuprata. Nasuprot tome strukturalno murunskit nalikuje feropniktidima. Sukladno navedenome murunskit se može shvatiti kao materijal koji je spona između kuprata i feropniktida, jedina dva poznata visokotemperaturnih supravodiča pri atmosferskom tlaku. Stoga, uz prikladne strategije dopiranja, ovaj spoj pokazuje veliki potencijal za istraživanja. U okviru diplomskog rada cilj je u spoju murunskita supstituirati Fe s Co te S s As. Dobiveni monokristali bit će pažljivo karakterizirani različitim eksperimentalnim metodama, uključujući rendgensku spektroskopiju i mjerenja magnetske susceptibilnosti. (1) D. Tolj et al., Applied Materials Today, 24, 101096 (2021)</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

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

Voditelj: dr. sc. Osor Slaven Barišić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Polaronska nečistoća u dvodimenzionalnim sustavima	
<p>Dobro je poznato da učinci elektron-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 indicije 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: Prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Numeričko rješavanje vremenski ovisne 1D Schroedingerove jednadžbe	
<p>Cilj ovog rada je razvoj Pythonovog modula za numeričko rješavanje jednodimenzionalne vremenski ovisne (jednočestične) Schroedingerove jednadžbe u programskom jeziku Python. Koristila bi se varijanta tzv. Visscherovog [1] numeričkog algoritma - jednostavnog i brzog algoritma koji omogućuje korištenje samo realnih brojeva. Krajnja ideja 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	
<p>Pulsna laserska depozicija (engl. PLD) jedna je od modernih tehnika za dobivanje tankih (epitaksijalnih) filmova raznih jednostavnih ili kompliciranih materijala/spojeva, a u današnje vrijeme često je povezana i s primijenjenim istraživanjima u elektroničkoj industriji. Cilj ovog rada je ustanovljavanje protokola za dobivanje tankih filmova jednostavnih (npr. bakar) ili kompliciranijih spojeva/materijala pomoću laserske pulsne depozicije, tj. proučavanje utjecaja duljine depozicije, temperature podloge, parametara lasera, i atmosfere u kojoj se depozicija vrši, na kvalitetu tankog filma. Dobiveni tanki filmovi će dodatno biti karakterizirani strukturalnim metodama (npr. difrakcija X-zraka) te će na njima biti mjerena magnetotransportna svojstva.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Lom Lam-Tung relacije na visokim energijama	
<p>Lam-Tung relacija povezuje strukturne funkcije u produkciji Drell-Yan dilepton para u hadronskom sudaru, na sličan način kao što Callan-Gross relacija povezuje strukturne funkcije u duboko-neelastičnom rasprsenju. Poznato je da unutar kolinearnog QCD-a Lam-Tung relacija vrijedi do NNLO reda u racunu smetnje, te je stoga izrazito osjetljiva proba na više QCD korekcije. U ovom radu istražio bi se lom Lam-Tung relacije koji uvodi specijalno proširenje partonskih distribucijskih funkcija a unutar formalizma staklastog kondenzata boje (eng. Color Glass Condensate, CGC) koji se očekuje da formira univerzalno stanje protonske valne funkcije pri malim udjelima longitudinalnog impulsa gluona. Jedan od zadataka bi bio napisati općenitu formu za udarni presjek DY produkcije unutar CGC formalizma, te identificirati pripadne Drell-Yan strukturne funkcije u Collins-Soper referentnom sustavu. Ovisno o afinitetu studenta, može se problemu pristupiti i numerički tako da se odredi kvantitativni značaj loma Lam-Tung relacije kao mjere potpisa CGC valne funkcije protona.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Dozimetrijska provjera planova zračenja dojke s dva izocentra na prstenastom koplanarnom linearnom akceleratoru	
<p>Novi tip linearnog akceleratora (Halcyon, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, SAD) dizajniran je za učinkovitu radioterapiju uz mogućnost velikog protoka pacijenata na terapiji i pojednostavljeni radni tijek. Halcyon je zatvoreni akceleratorski 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. Zbog problema s veličinom polja, u ovom će se radu uspostaviti nova tehnika planiranja radioterapije dojke sa supraklavikularnom regijom, s dva izocentra snopa. S obzirom na divergenciju snopova u planiranju je potrebno provesti tzv. "razmazivanje" apsorbirane doze (u daljnjem tekstu -doze) koje se provodi uključivanjem posebnih optimizacijskih funkcija (engl. autofeathering) u računalnom sustavu za planiranje Eclipse (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, SAD). Izrađene radioterapijske planove je potrebno dozimetrijski provjeriti prije kliničke uporabe. Mjerenje raspodjele doze će se izvesti korištenjem Semiflex ionizacijske komorice volumena 0.125 cc (PTW, Freiburg, Njemačka) u antropomorfnom fantomu (Sun Nuclear, Melbourne, FL, SAD) u nekoliko mjernih točaka. Rezultati mjerenja će se usporediti s izračunom u računalnom sustavu za planiranje radioterapije. Uz mjerenja u pojedinim točkama, mjerenje raspodjele doze će se provesti i korištenjem radiokromskog filma Gafchromic EBT-XD (Ashland, Wilmington, DE, SAD). Za navedena mjerenja biti će potrebno napraviti kalibraciju filma što uključuje izradu kalibracijske krivulje koja povezuje optičku gustoću s apsorbiranom dozom. Sva mjerenja i izrada planova će se provesti u Kliničkom bolničkom centru Zagreb u Klinici za ekologiju na linearnom akceleratoru Halcyon i u 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>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Primjena teorije šupljine u karakterizaciji energijskog odziva optički luminiscentnog dozimetra u radioterapijskim primjenama	
<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 koristi u snopovima fotona različitih energija. To je faktor kojeg je moguće dobiti iz poznavanja relativnog odziva dozimetra na standardnu kvalitetu fotonskog snopa (npr. Co-60). Korekcijski faktori se mogu mjeriti ili dobiti Monte Carlo (MC) simulacijama. U ovom radu će se Burlinovu 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.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

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

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

Tema je za smjer(ove)

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike

Magistar edukacije fizike i kemije

Magistar edukacije fizike i tehnike

Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)

Voditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Određivanje izlaznih faktora i profila apsorbirane doze za Leksellov gama nož	
<p>U radiokirurgiji mozga Leksellovim gama nožem upotrebljavaju se uski, konusni fotonski snopovi (širine 4 mm, 8 mm i 16 mm u izocentru) za jednokratno ozračivanje malih, duboko smještenih tumorskih procesa u mozgu bolesnika. Snopovi se dobivaju radioaktivnim raspadom 192 izvora Co-60, jednoliko raspoređenih na plaštu metalnog stošca, čime se u mozgu bolesnika postiže približno sferna raspodjela apsorbirane doze zračenja za jedan izocentar. Osnovu za točnu računalnu izradu fizikalnog modela relativne raspodjele apsorbirane doze u mozgu bolesnika čini eksperimentalno određivanje izlaznih faktora (omjer apsorbirane doze za snop od interesa i apsorbirane doze za referentni snop) i profila doze gama noža. Obzirom da su klinički dostupni detektori svojom veličinom sumjerljivi širini fotonskih snopova te često izrađeni od materijala koji nisu radiološki slični tkivu, dozimetrija uskih snopova opterećena je pogreškama čiji su izvori volumni učinak usrednjavanja mjenjenog signala i perturbacija snopa zračenja zbog prisutnosti detektora u snopu. U diplomskom radu eksperimentalno će se odrediti izlazni faktori i profili doze za sve širine fotonskih snopova Leksellovog gama noža, u referentnom sfernom, tkivu-ekvivalentnom fantomu, uz pomoć sljedećih detektora: ionizacijske komore malog volumena, poluvodičkog (p-tipa) detektora malog volumena, sintetičkog dijamanatnog detektora malog volumena i plošnog detektora i radiokromskog filma. Za sve detektore istražiti će se učinak volumnog usrednjavanja mjenjenog signala i perturbacija fotonskog snopa u ovisnosti o vrsti detektora i širini snopa. Usporedit će se širine polusjena profila doze odrediti omjer signala i šuma u različitim uvjetima mjerenja. Konačno, odredit će se faktori popravaka eksperimentalno određenih izlaznih faktora i profila doze za učinke volumnog usrednjavanja i perturbacije snopa te će se popravljene vrijednosti usporediti s referentnima, poznatim iz literature. Sva mjerenja provest će se u Odjelu za stereotaksiju, funkcijsku neurokirurgiju i radioneurokirurgiju Klinike za neurokirurgiju KBC-a Zagreb, na Leksellovom gama nožu uz uporabu detektora koji Odjel posjeduje (ionizacijske komore, poluvodički detektori, sintetički dijamanatni detektor, radiokromski film).</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: Izv. prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	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 prasine u nasoj Galaksiji, stvarajući halo centriran na poziciji bljeska. Opazanja X-zračenja ovih izvora omogućuju mjerenje udaljenosti do sloja prasine na kojem se desilo raspršenje. Do danas je detektirano samo 7 bljeskova sa pridruženim prstenovima X-zračenja, unatoč visokom broju (>1000) opazanih bljeskova sa satelitima Compton Gamma-Ray Observatory, Swift i Fermi. U radu bi se odredili uvjeti koji omogućuju detekciju haloa, te bi se analizirao katalog instrumenta XRT (X-Ray Telescope, 0.2-10 keV) sa satelita Swift uz korištenje 3D mapa ekstinkcije prasine baziranih na optičkim i IR opazanjima. Kombinacija ovih podataka iz različitih područja bi omogućila pronalazanje novih haloa, te određivanje udaljenosti slojeva prasine u galaksiji na kojima se desava raspršenje. Područja novih bljeskova gama-zračenja bi se istražila također korištenjem podataka LOFAR teleskopa.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	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 prasine u nasoj Galaksiji, stvarajući halo centriran na poziciji bljeska. Opazanja X-zračenja ovih izvora omogućuju mjerenje udaljenosti do sloja prasine na kojem se desilo raspršenje. U predloženom radu bi se reanalizirali spektri prstenova X-zračenja opazanih sa instrumentom XRT (X-Ray Telescope, 0.2-10 keV) sa satelita Swift. Uključujući različite modele za sastav prasine i za distribuciju veličine čestica na kojima se desava raspršenje, može se odrediti nagib niskoenergetskog spektra u području X-zračenja. Ovaj dio spektra je ključan za točnije određivanje spektra bljeska gama-zračenja (koji se proteže od keV to GeV područja) i limitiranje mogućih teorijskih modela promptnog zračenja ovih događaja.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Teorija klasične elektrodinamike s topološki kvantiziranim singularitetima kao električnim nabojsima	
<p>Formuliramo teoriju klasične elektrodinamike gdje su jedini dopušteni električni naboji topološki singulariteti u elektromagnetskom polju, a kvantizacija naboja je objašnjena Chernovim teoremom. Teorija dopušta pozitivne i negativne naboje jednake veličine, gdje predznak naboja odgovara kiralnosti topološke singularnosti. Iz putanje singulariteta $w(t)$, mogu se izračunati električna i magnetska polja identična onima koja daju Maxwellove jednačbe za točkasti naboj u gibanju (osim multiplikativne konstante povezane s nabojem elektrona i permitivnošću vakuumu). Polazišna točka teorije je relativistička Weylova jednačba u frekvencijsko-valnom vektorskom prostoru, sa svojstvenim stanjima koja obuhvaćaju položaj, brzinu i ubrzanje singulariteta; svojstvene vrijednosti definiraju retardirani položaj naboja. Iz vlastitih stanja izračunavamo Berryjevu koneksiju i Berryjeve zakrivljenosti, te identificiramo zakrivljenosti kao električna i magnetska polja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Non-invertible symmetries and higher categories	
<p>Recent years have witnessed spectacular developments in the understanding of global symmetries in Quantum Field Theory (QFT). One of the most recent ones was the identification of non-invertible symmetries in dimensions higher than 2. These are symmetries that do not strictly satisfy group composition since not every generator has an inverse and they were previously identified only in 2-dimensional CFTs such as the Ising model at criticality. The goal of this master thesis is to explore physical models where non-invertible symmetries can arise and understand their mathematical description in terms of higher fusion categories and the Symmetry Topological Field Theory. The student will become familiar with a rapidly developing research topic that finds applications in high energy physics, condensed matter physics and pure mathematics.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Generalized symmetries and tensor gauge theories	
<p>Generalized global symmetries that act on extended operators such as Wilson or 't Hooft lines and their higher-dimensional analogs have led to a novel characterization of Quantum Field Theories (QFTs). Notably this perspective has not only provided a new systematic way to think about ordinary QFT but has also revealed new classes of QFTs that can be useful in physical applications, such as QFTs where dipole or higher moments are conserved. Such properties are often encountered in gauge field theories with symmetric tensors (higher spins) or in foliated QFTs. This master thesis concerns the study of tensor gauge theories and generalized global symmetries, their gauging and the identification of potential 't Hooft anomalies. The student will become familiar with the cutting-edge research topic of generalized symmetries and with some of its most interesting applications and will potentially have the chance to do some original research on the spin-2 case.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

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

Voditelj: dr. sc. Matija Čulo	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Kolosalni magnetootpor u oksidima mangana	
<p>Električna vodljivost mnogih materijala se može promijeniti primjenom magnetskog polja, što predstavlja koristan alat za fundamentalna istraživanja transporta naboja u kondenziranoj materiji te otvara put prema potencijalnim primjenama. Ova promjena vodljivosti (otpornosti) u magnetskom polju naziva se magnetootpor te je u većini materijala vrlo mala (nekoliko %), a može biti pozitivna i negativna. Međutim, 1994. godine je objavljen rad o oksidu mangana (manganitu) $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_x$ s vrijednostima magnetootpora koje dosežu -127000%, a samo godinu dana kasnije je u srodnom manganitu $\text{Nd}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}$ izmjeren magnetootpor u vrijednosti od $-10^6\%$. Ovakav neuobičajeno veliki magnetootpor, prozvan kolosalnim magnetootporom, je tako postao jedan od najproučavanijih fenomena u fizici kondenzirane materije. Kolosalni magnetootpor se javlja u dobro istraženom feromagnetskom metalnom dijelu faznog dijagrama manganita, no unatoč istraživanju koje traje gotovo 30 godina, njegovo porijeklo i dalje nije do kraja riješeno. U svrhu boljeg razumijevanja kolosalnog magnetootpora, naša grupa se veći dugi niz godina fokusirala na znatno slabije istraženi antiferomagnetski izolatorski dio faznog dijagrama manganita u kojem dolazi do lokalizacije vodljivih elektrona uslijed uspostave dugodosežnog uređenja naboja. Naša dosadašnja mjerenja magnetootpora na tankim filmovima manganita $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ su jasno pokazala ne samo da je kolosalni magnetootpor prisutan i u antiferomagnetskom dijelu faznog dijagrama, nego i da je njegova vrijednost čak i veća nego u feromagnetskom dijelu te doseže nevjerojatnih $-7 \cdot 10^{11}\%$. Čini se da je ovakvo enormno povećanje vodljivosti povezano s delokalizacijom vodljivih elektrona kao posljedica destabilizacije antiferomagnetske izolatorske faze koja se u magnetskom polju postepeno topi i prelazi u feromagnetsko metalno stanje. U svrhu daljnjeg razumijevanja kolosalnog magnetootpora, u planu su detaljna istraživanja stabilnosti izolatorske faze u magnetskom polju u keramičkim uzorcima $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ s različitim koncentracijom x i različitom veličinom zrna kao i kod srodnih manganita $\text{Ca}_{1-x}\text{Gd}_x\text{MnO}_3$ i $\text{Ca}_{1-x}\text{Er}_x\text{MnO}_3$. U okviru diplomskog rada student će sudjelovati u mjerenjima magnetootpora na odabranim uzorcima manganita koja će se provesti na postavu za magnetotransportna mjerenja kućne izrade u rasponu temperatura $5-300\text{ K}$ i u magnetskim poljima do 5 T. Uz kolosalni magnetootpor i usko vezane fenomene u manganitima, student će se u ovom radu upoznati i s mjerenjem transportnih svojstava na niskim temperaturama i u jakim magnetskim poljima kao i s radom s kriogenim tekućinama i tehnikama postizanja visokog vakuuma.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Istraživanje mikro-topografskih i galvanotropskih naznaka za aksonalno vođenje	
<p>Poznato je da tijekom razvoja mozga na rast aksona utječu različiti kemijski signali, što je poznato kao kemotropizam. Međutim, pokazalo se da neuroni također mogu reagirati i na druge naznake, kao što je vanjsko električno polje, i to mijenjajući svoj oblik duž naponskog gradijenta (galvanotropizam). Nadalje, demonstrirana je prostorna kontrola izrastanja aksona pomoću 3D topografskih značajki na mikroskali. Istraživanje utjecaja vanjskih naznaka na rast i vođenje aksona u primarnim kulturama neurona važno je kako za fundamentalna znanstvena istraživanja, tako i za moguće kliničke primjene. Jedna od mogućih primjena je vođenje rasta aksona kod regeneracije živčanih puteva nakon traumatske ozljede, čime bi se omogućilo i ubrzalo zacjeljivanje prekinutih živaca. Sa strane tehnoloških primjena, ova istraživanja predstavljaju nužan preduvjet za uzgoj i karakterizaciju živih neuralnih mreža, koje bi se sastojale od neuralnih logičkih krugova spojenih sa računalom, te bi omogućila istraživanja međudjelovanja računalnih i bioloških neuronskih mreža. Ovo istraživanje sastojat će se od više komponenti prikladnih za izradu zasebnih diplomskih radova. Prva uključuje izradu supstata sa mikro-topografskim i galvanotropskim naznakama. Za mikro-topografsko strukturiranje uzoraka koristit će se laserska ablacija nano- i femto-sekundnim laserima, dok će galvanotropске naznake biti uvedene nanošenjem foto-litografski strukturiranih foto-kondenzatora na supstrate. Druga komponenta sastojala bi se od numeričkog modeliranja međudjelovanja mikro-topografski i galvanotropski strukturiranih supstrata sa neuronima, korištenjem softverskog paketa COMSOL Multiphysics. Posljednja komponenta odnosila bi se na provedbu eksperimenta i analizu rasta primarnih kultura neurona na pripremljenim substratima, koristeći statističke metode i metode strojnog učenja. Ova istraživanja obavljat će se u suradnji s grupom prof. Rainera Schindla sa Medicinskog sveučilišta u Grazu, u okviru provedbe projekta Hrvatsko-Austrijske znanstveno-tehničke suradnje, te će uključivati povremene kratkotrajne posjete laboratoriju u Grazu radi sudjelovanja u eksperimentima.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Kvantitativna LIBS analiza tekućih uzoraka	
<p>LIBS (eng. Laser Induced Breakdown Spectroscopy) je metoda spektralne analize atomskih emisijskih spektara plazme nastale laserom-induciranog sloma medija. Fokusiranim laserskim pulsevima nano-sekundnog lasera visoke snage ozračuje se površina uzroka, što uzrokuje slom medija, ispravljanje i ablaciju materijala te formiranje atomske plazme. Tijekom hlađenja, plazma emitira karakteristične atomske emisijske spektre. U ovom diplomskom radu ispitat će se različiti LIBS substrati za potrebe kemijske elementalne analize tekućih uzoraka. Pripremit će se otopine ionskih soli različitih koncentracija, u koje će biti uronjeni pripremljeni supstrati, nakon čega će se snimati LIBS spektri tako pripremljenih supstrata. Izradit će se kalibracijska krivulja, koja će se koristiti za kvantitativnu analizu nepoznatog uzorka. Diplomski rad uključuje rad sa jakim izvorima svjetlosti uz korištenje zaštitnih sredstava, te elementarno poznavanje rada u programskom jeziku Python.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

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

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

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Analiza mjerenja energije X-zraka iz kaonskih atoma olova HPGe detektorom	
<p>Cilj diplomskog je analiza mjerenja energije X-zraka iz kaonskih atoma olova germanijskim detektorom visoke čistoće (HPGe) kako bi se precizno odredila masa nabijenih kaona. Analizirali bi se podaci koji su prikupljeni tijekom lipnja i srpnja 2023. na ubrzivaču DA NE u Laboratori Nazionali di Frascati, Italija. Potrebno je osnovno znanje C ili C++.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Degradacija energijske rezolucije HPGe detektora u okruženju visokoenergijske radijacije	
<p>Od poluvodičkih detektora, germanijski detektor visoke čistoće (HPGe) ima najbolju energijsku rezoluciju, te se standardno koristi u spektroskopiji X- i gama-zraka. Međutim, kod nekih eksperimenata u nuklearnoj fizici dolazi do visokoenergijske pozadinske radijacije koja može uzrokovati oštećenja u kristalnoj strukturi germanija, a samim time i degradaciju energijske rezolucije HPGe detektora. Tijekom posljednje dvije godine na ubrzivaču DA NE u Laboratori Nazionali di Frascati, Italija, HPGe detektor je korišten za mjerenje energija X-zraka iz kaonskih atoma olova, a u svrhu dobivanja podataka za energijsku kalibraciju detektora mjerene su energije gama-zraka iz raspada ¹³³Ba. Fokus diplomskog bila bi analiza kalibracijskih mjerenja, te praćenje degradacije energijske rezolucije s vremenom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Sustavi za prikupljanje podataka sa i bez signala za okidanje	
<p>Prilikom planiranja eksperimenta u nuklearnoj fizici i fizici elementarnih čestica potrebno je procijeniti učestalost signala koju će davati detektori i pažljivo odabrati elektroniku koja te signale može uspješno digitalizirati i zapisati u kompjutersku memoriju. Zbog ograničenih sposobnosti elektronike i računala dosta dugo se koristio sustav za prikupljanje podataka koji se temelji na signalu za okidanje. Takav sustav počinje prikupljati podatke tek kad dobije signal za okidanje (engl. trigger) kojeg izaziva pažljivo odabrani događaj. Time se jako potiskuje neželjena pozadina, ali i gube dobri događaji zbog mrtvog vremena. U novije doba razvijeni su brzi digitalizatori pulsa koji kontinuirano digitaliziraju signal i za čiji rad nije potreban signal za okidanje. Sustavi za prikupljanje podataka temeljeni na digitalizatorima za veliki raspon učestalosti signala nemaju mrtvo vrijeme, pa mogu bilježiti sve događaje, što povećava statistiku željenog signala, ali sama analiza postaje nešto složenija i računalno zahtjevnija. Tijekom svibnja 2022. godine napravljena su testna mjerenja elektromagnetskim kalorimetrom sastavljenim od 25 kristala volframata olova (PbWO₄) u 5x5 konfiguraciji na DESY II postrojenju sa snopom elektrona u Hamburgu, Njemačka. S time da je signal iz svakog kristala podijeljen na dva jednaka dijela od kojih je jedan signal prikupljan klasičnim sustavom temeljenim na 32-kanalnom CAEN V792 QDC-u (engl. Charge-to-Digital-Converter) i signalu za okidanje, te sustavom bez signala za okidanje, temeljenom na dva 16-kanalna CAEN V1725 digitalizatora. Cilj rada bila bi analiza odabranih testnih mjerenja sa svakim sustavom za prikupljanje podataka posebno i njihova međusobna usporedba, slično kao što je bilo napravljeno za prvi prototip u 3x3 konfiguraciji [1]. Potrebno je poznavanje C++ programskog jezika i rada u Linux operativnom sustavu. [1] I. Friščić, et al., "Test of streaming and triggered readout schemes for the TPEX Lead Tungstate Calorimeter", 2023 JINST 18 P09001 ili https://arxiv.org/abs/2112.01606</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Analiza testova mjerenja elektronskog snopa elektromagnetskim kalorimetrom PbWO₄	
<p>U diplomskom radu bi se radila analiza testnih mjerenja napravljenih pomoću elektromagnetskog kalorimetra sastavljenog od 25 kristala volframata olova (PbWO₄) u 5x5 konfiguraciji na DESY II postrojenju u Hamburgu, Njemačka. Mjerenja su provedena sa snopom elektrona u rasponu energije od 2 do 5 GeV u koracima po 1 GeV tijekom svibnja 2022. godine. Kako energijska rezolucija PbWO₄ kristala ovisi o temperaturi, kalorimetar je bio spojen na sustav za hlađenje, te su mjerenja vršena u rasponu temperatura od -25C do sobne. Signal iz svakog kristala podijeljen je na pola, te je svaka polovica digitalizirana s dva različita sustava za prikupljanje podatka. Prvi "klasični" sustav koristio je signal za okidanje (daje ga scintilacijski detektor smješten ispred kalorimetra) i temeljio se je na 32-kanalnom CAEN V792 QDC-u (engl. Charge-to-Digital-Converter), pri tome je u računalo zapisivana energija iz QDC-a, te interno vrijeme računala kada se zapis dogodio. Drugi sustav, baziran na dva 16-kanalna CAEN V1725 digitalizatora, kontinuirano je digitaliziralo oblike signala čije amplitude su bile veće od postavljenog praga – tzv. sustav bez signala za okidanje (engl. triggerless readout, streaming readout). Uz signale iz kristala, svaki digitalizator bilježio je i signal za okidanje kako bi se digitalizatori mogli sinkronizirati. Cilj rada bila bi karakterizacija kalorimetra kao cjeline, te usporedba sa literaturom, a ovisno o interesu kandidatkinje/kandidata i sa simulacijama. Tijekom izrade diplomskog rada postoji mogućnost u sudjelovanju na Zoom sastancima s kolegama iz MIT-a, Stony Brook University i University of Michigan (obično sudjeluje 5 do 6 kolega, održavaju se svaka dva tjedna). Potrebno je poznavanje C++ programskog jezika i rada u Linux operativnom sustavu. Navedena testna mjerenja nastavak su testova iz rujna 2019. kada je testiran prototip kalorimetra u 3x3 izvedbi [1]. Naime, takav tip kalorimetra bit će glavni detektori planiranog budućeg eksperimenta mjerenja dvofotonske izmjene (engl. Two Photon Exchange eXperiment – TPEX) na DESY II postrojenju [2], te bi se također mogli koristiti kao detektori u nadolazećem sudarivaču elektrona i iona (engl. Electron-Ion Collider – EIC [3]) koji će biti izgrađen u sklopu Brookhaven National Laboratory, NY, USA. [1] I. Friščić, et al., "Test of streaming and triggered readout schemes for the TPEX Lead Tungstate Calorimeter", 2023 JINST 18 P09001 ili https://arxiv.org/abs/2112.01606 [2] R. Alarcon, "Two-Photon EXchange -- TPEX", https://arxiv.org/abs/2301.04708 [3] R. Abdul Khalek et al., "Science Requirements and Detector Concepts for the Electron-Ion Collider: EIC Yellow Report", Nucl. Phys. A 1026 (2022) 122447 ili https://arxiv.org/abs/2103.05419</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Applying Machine Learning Methods to Quantum Complex Systems	
Quantum complex systems are at the basis of a large amount of possible quantum devices that are predicted to impact our lives in the future. It is therefore crucial to analyze such systems to exploit their valuable features. Unfortunately, analytical methods are limited to a few cases; outside of them, we have to resort to numerical approaches, each of which has strengths and weaknesses. Among them, in the last years, new approaches based on the use of neural networks have been developed and caught an increasing interest. In her/his project, the candidate will test them in systems for which analytical solutions are also available. Choosing several different observables, she/he will compare the prediction obtained within the different approaches.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srdan Grbić	Institucija: pmf
Egzotične faze u van der Waalsovima	
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. Pobuđen 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 pobudnjima 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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Modra galica - kvantni magnet	
<p>Modra galica (Bakrov(II) sulfat pentahidrat) svima je dobro poznata kao lijepi plavi kristal koji je relativno lako dobiti iz otopine, kao što smo se svi uvjerali još u osnovnoj školi na satu kemije. Štoviše, upravo je kristal modre galice poslužio za dobivanje prve rentgenske slike nekog kristala davne 1912.g. No, dobivene kristale nikad nitko nije pokušavao prikačiti na hladnjak, jer nitko nije očekivao da bi mogli biti magnetični. I zaista, modra galica nije magnet u klasičnom smislu te riječi. Međutim, 2013.g. je otkriveno da kad modru galicu ohladimo na vrlo niske temperature bliske apsolutnoj nuli, u njoj se javlja egzotično kvantno magnetsko stanje - tzv. kvantna spinska tekućina. Do te pojave dolazi zbog reduciranog puta superizmjene među magnetskim momentima koji dolaze od elektronskih spinova iona Cu^{2+}, a koji je ograničen na jednu dimenziju iako su kristali trodimenzionalni. U tom smislu je modra galica kvantni magnet - pri tako niskim temperaturama kvantna priroda materije diktira ponašanje materijala i vodi na egzotična stanja materije koja je nemoguće opisati klasičnim modelima. Kvantni magneti mogli bi u budućnosti imati primjenu u računalnim tehnologijama, robotici i sensorima. U ovom eksperimentalnom radu proučavat će se magnetska svojstva kristala modre galice. Student/ica će pri izradi diplomskog rada sudjelovati u mjerenjima magnetizacije i njene anizotropije, kao i u interpretaciji izmjerenih rezultata. Mjerenja će se vršiti u širokom temperaturnom rasponu (od 2K do 300K) kao i u visokim magnetskim poljima (do 7T). Pri tome će student/ica steći određeno iskustvo u radu s kriogenim tekućinama (tekućim dušikom i helijem), supravodljivim magnetima, kao i s dostupnom mjernom opremom koju će koristiti u našim laboratorijima. Znanje i iskustvo stečeno pri izradi ovog diplomskog rada predstavljat će dobru podlogu studentima koji svoje obrazovanje žele nastaviti u području eksperimentalne fizike čvrstog stanja.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mirta Herak	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetoelektrični antiferomagnetni za energetske efikasniju elektroniku	
<p>Antiferomagnetni su magnetski materijali kod kojih je magnetski uređeno stanje takvo da materijal ne proizvodi vanjsko magnetsko polje. Ovo je suprotno situaciji u feromagnetima koji još od davnina, a pogotovo danas, imaju vrlo široku primjenu upravo zato što daju spontano magnetsko polje. Iako se na prvi pogled čini da je antiferomagnetsko stanje zbog svoje nemagnetičnosti beskorisno, danas je ono u fokusu istraživanja u okviru tzv. antiferomagnetske spintronike kojom se proučavaju mogućnosti manipulacije elektronskog spina, što bi trebalo rezultirati manjim i bržim elektroničkim uređajima. Posebno mjesto tu zauzimaju magnetoelektrični antiferomagnetni kod kojih se javlja mogućnost manipulacije magnetskog stanja primjenom električnog, a ne magnetskog polja (dakle, napona, a ne struje), što bi povećalo energetske efikasnosti uređaja koji koriste takve materijale za nekoliko redova veličine u odnosu na strujom kontrolirane uređaje. Ovo je posebno važno u kontekstu klimatskih promjena koje su najkritičniji problem s kojim se suočava čovječanstvo. Prelazak na obnovljive izvore energije je samo pola rješenja. Jednako važno je i povećanje energetske efikasnosti uređaja koji koriste električnu energiju za svoj rad. Magnetoelektrični antiferomagnetni imaju veliki potencijal da budu nositelji nove tehnološke (r)evolucije. U ovom eksperimentalnom radu proučavat će se magnetska svojstva odabranog magnetoelektričnog antiferomagneta. Student/ica će pri izradi diplomskog rada sudjelovati u mjerenjima magnetizacije i njene anizotropije, kao i u interpretaciji izmjerenih rezultata. Mjerenja će se vršiti u širokom temperaturnom rasponu (od 2K do 300K) kao i u visokim magnetskim poljima (do 7T). Pri tome će student/ica steći određeno iskustvo u radu s kriogenim tekućinama (tekućim dušikom i helijem), supravodljivim magnetima, kao i s dostupnom mjernom opremom koju će koristiti u našim laboratorijima. Znanje i iskustvo stečeno pri izradi ovog diplomskog rada predstavljat će dobru podlogu studentima koji svoje obrazovanje žele nastaviti u području eksperimentalne fizike čvrstog stanja.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Numeričko rješavanje problema u elektrostatici pomoću programskog jezika Julia	
<p>Problemi u elektrostatici često nemaju analitičko rješenje. No, nalaženje numeričkog rješenja nije trivijalno i zahtjeva dobro poznavanje naprednih numeričkih metoda. U ovom diplomskom radu istražiti će se numeričko rješavanje tipičnih elektrostatickih problema koristeći programski jezik Julia. Julia je relativno mlad programski jezik, sintaktički pristupačan, te izuzetno je pogodan za HPC okruženje te time idealan za navedenu temu.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Multimodalni jezični modeli kao asistent u nastavi informatike	
Multimodalni jezični modeli, koji su postali javno i besplatno dostupni 2023. godine, predstavljaju evoluciju velikih jezičnih modela s podrškom za različite izvore podataka poput teksta, slika i zvuka. Ovi modeli su značajno utjecali na nastavno okruženje, donoseći nove pristupe i izazove. Diplomski rad pruža uvid u metodologije i algoritme koji čine osnovu multimodalnih jezičnih modela te istražuje kako se mogu koristiti kao asistenti u nastavi informatike. Ističe se problematika u kojoj učenici koriste ove modele za rješavanje programskih zadataka iz informatičkog kurikuluma bez stvarnog razumijevanja materijala. Rad predlaže strategije za konstruktivno korištenje multimodalnih modela, gdje učenici formuliraju dobro strukturirana pitanja kako bi testirali svoje razumijevanje gradiva, čime modeli postaju efikasni alati za učenje, a ne samo sredstva za dobivanje odgovora.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Određivanje dinamike sustava pomoću interpretabilnih algoritama dubokog učenja	
Predviđanje multivarijantnih vremenskih serija zahtjevan je problem. Tradicionalni statistički modeli danas ustupaju mjesto modelima baziranim na dubokom učenju jer se pokazuju kao superiorni u predviđanju ovakvih kompleksnih serija. Međutim, unatoč njihovoj prednosti u točnosti, složenost i nedostatak transparentnosti u radu ovih modela predstavljaju izazov za njihovu širu primjenu, posebno u kritičnim domenama gdje je razumijevanje procesa predviđanja neophodno. Ovaj diplomski rad fokusira se na razvoj i primjenu interpretabilnih modela dubokog učenja za predviđanje vremenskih serija, s ciljem omogućavanja uvida u proces donošenja predviđanja kroz identifikaciju ključnih značajki i njihov utjecaj na konačne predikcije. Cilj je pružiti model koji ne samo da održava visoku točnost predviđanja, već i omogućuje jasno razumijevanje mehanizama koji stoje iza tih predviđanja, čime se povećava njegova primjenjivost i pouzdanost.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Usporedba algoritama temeljenih na paradigmi gradient boostinga: Primjena na stvarne medicinske i fizikalne skupove podataka	
Gradient boosting je paradigma strojnog učenja koja iterativno optimizira model predikcije spajajući predikcije slabih modela, tipično stabala odlučivanja, kako bi konstruirao konačni jaki model. XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) predstavlja optimizaciju gradient boosting algoritma, nudeći brzinu i performanse kroz skalabilno učenje, otpornost na pretjeranu prilagodbu i podrška za različite funkcije gubitka. Cilj ovog diplomskog rada je objasniti teorijsku pozadinu i algoritme gradient boostinga, s posebnim naglaskom na XGBoost, te ih usporediti međusobno, kao i s drugim suvremenim regresijskim i klasifikacijskim algoritmima. Za empirijsku usporedbu, algoritmi će biti testirani na dva skupa podataka: jedan vezan za kardiološke bolesnike i patologije iz Kliničke bolnice Dubrava, i drugi povezan s raspadom Higgsovog bozona.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: 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	
<p>U modernim radioterapijskim tehnikama, kao što su jakosno modulirana radioterapija (eng. Intensity Modulated Radiotherapy - IMRT), volumno modulirana lučna terapija (engl. Volumetric Modulated Arch Therapy - VMAT), 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 njihovo oblikovanje, kao što su višelistični kolimator (engl. Multileaf Colimator - MLC) i konusni kolimator. Ovakvi kolimatori dostupni su na različitim radioterapijskim i radiokirurškim platformama, kao što su primjerice klasični i ring-based linearni akcelerator opremljen za IMRT, VMAT, SRT i SRS, CyberKnife i Leksellov gama nož. U usporedbi s klasičnim radioterapijskim tehnikama u kojima se raspodjela apsorbirane doze ostvaruje snopovima veličine do minimalno 4 x 4 cm², u modernim tehnikama 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 nepouzdanosti 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), koristeći dozimetrijski protokol za male fotonske snopove. Dozimetrijska svojstva detektora ispitala bi se u malim fotonskim snopovima dva različita radioterapijska uređaja: linearni akcelerator s kvalitetama snopova 6 MV i 10 MV te Leksellov gama nož s kvalitetom snopa Co-60. Raspon veličine snopova kretao bi se od snopa kružnog presjeka 0.4 cm do kvadratnog snopa veličine 10 x 10 cm². Student će se tijekom izrade diplomskog rada upoznati s osnovnim principima dozimetrije ionizirajućeg zračenja u radioterapiji, dozimetrijskim protokolima za konvencionalne i 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 radioterapiji (elektrometar, ionizacijska komora, poluvodički detektor), osnovnim principima radioterapije i radiokirurgije te s uređajima za provođenje radioterapije i radiokirurgije (linearni akcelerator i 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: Doc. dr. sc. Katarina Jeličić	Institucija: pmf
Kvalitativno istraživanje učeničkog razumijevanja pokusa iz fizike	
<p>Pokusima u nastavi fizike možemo demonstrirati razne pojave te ih istražiti. Oni igraju veliku ulogu u razvoju znanstvenog zaključivanja i razmišljanja kod učenika. Provođenje učeničkih istraživanja u sklopu nastave fizike ili interaktivno izvođenje demonstracijskih pokusa potiču učenike na aktivno učenje, a čine nastavu interesantnijom. Nažalost, mnogi se pokusi ne provode ispravno te se oni često koriste za potkrjepljivanje postojećeg znanja iz fizike ili kao demonstracija već naučene pojave. U takvim se situacijama ne stavlja naglasak na istraživački karakter fizike, učenici pokuse često ne smatraju bitnima za razumijevanje fizike što ponekad dovodi do nerazumijevanja izvedenih školskih pokusa. Cilj ovog diplomskog rada je kvalitativnim istraživanjem (intervjuima) provjeriti učeničko razumijevanje nekih standardnih pokusa iz valne optike i moderne fizike u četvrtom razredu gimnazijskog programa.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	
Magistar edukacije fizike i kemije	
Magistar edukacije fizike i tehnike	
Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Katarina Jeličić	Institucija: pmf
Konstrukcija testa iz učeničkog razumijevanja znakovnih nizova u programskom jeziku Python	
U nastavi informatike, učitelji i nastavnici se nerijetko susreću s mnogim učeničkim poteškoćama vezanim uz razumijevanje nastavnog sadržaja iz programiranja u programskom jeziku Python. Iz tog razloga potrebna su istraživanja o učeničkim poteškoćama s programiranjem u programskom jeziku Python. U sklopu ovog diplomskog rada diplomand bi izradio test kojim bi se ispitalo razumijevanja znakovnih nizova (engl. string) u programskom jeziku Python te ga testirao na malom uzorku učenika drugog razreda prirodoslovne-matematičke gimnazije. Na taj bi se način preliminarno provjerila funkcionalnost testa razumijevanja znakovnih nizova te na temelju rezultata po potrebi izmijenili oni zadaci koji analizom pokazuju nedosljednosti. Usput bi se provela i analiza učeničkih odgovora te izdvojile učeničke poteškoće koje su iskazali testirani učenici.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Vitor Jelić	Institucija: irb
Radiopetlje u Mliječnoj stazi	
Radiopetlje u Mliječnoj stazi su velike organizirane strukture međuzvezdane tvari koje su nastale prilikom eksplozije jedne ili više zvijezda. Zrače sinklotronsko zračenje te ih se može promatrati u radiopodručju elektromagnetskog spektra. Tema ovog diplomskog rada je istraživanje treće radiopetlje na niskim radiofrekvencijama. U analizi će se koristiti promatranja radioteleskopom LOFAR te će se razviti geometrijski model petlje. Dobiveni rezultati istraživanja će se usporediti s mjerenjima na višim radiofrekvencijama.	
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
Implementacija algoritama za detekciju prisustva i broja ljudi u elektromagnetskom polju	
U ovom diplomskom radu nastaviti ćemo razvoj algoritama za detekciju prisustva i određivanja broja ljudi u promatranom okruženju na temelju analize elektromagnetskog zračenja, te ćemo ih implementirati kroz jednu ili više aplikacija. Elektromagnetsko zračenje, odnosno WiFi signal, može se zabilježiti putem jednog ili više detektora, pri čemu transmisija i detekcija signala ne zahtijeva aktivnu suradnju osoba (osobe ne moraju posjedovati vlastiti WiFi uređaj). Analiza detektiranog elektromagnetskog zračenja u prostoru može se napraviti metodama strojnog učenja, s ciljem da se utvrdi veza između raspodjele WiFi signala i prisustva ili čak točnog broja ljudi u otvorenom ili zatvorenom prostoru. Suvoditelj: prof. Hrvoje Buljan (PMF)	
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 Cmcm (br. 63). Trigonalni lanci NiTe2 raspoređeni su duž kristalografske a osi i čine kvazi-dvodimenzionalni sloj preko vezujućih lanaca atoma Ta duž c osi, slojevi se slažu duž b osi. TaNiTe5 je prvi put sintetiziran 1989. godine i objavljeno je da je paramagnetski metal. Nedavno je teoretski predviđeno da TaNiTe5 pripada skupini 2D polumetala, i eksperimentalno pokazano da je diamagnet. Sintetizirani su visokokvalitetni TaNiTe5 monokristali. U okviru predloženog rada student će se upoznati sa sintezom i tehnikama mjerenja magnetskih svojstava Diracovog polumetala TaNiTe5 i izvršiti mjerenja magnetskih svojstava monokristala. Parametri Fermijeve plohe će se odrediti iz rezultata mjerenja kvantnih oscilacija u magnetizaciji TaNiTe5 monokristala.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Magnetska svojstva YBa2Cu3O(6+x) monokristala	
<p>Pojava visokotemperaturne supravodljivosti, VTS, pokazala se jednom vrlo interesantnom fizikalnom pojavom, za koju unatoč velikim naporima znanstvene zajednice u razumjevanju fizikalne pozadine same pojave ni nakon gotovo više od 30 godina istraživanja još uvijek nije nađeno cijelovito rješenje. Najveći problem u razumjevanju VTS predstavlja kompleksnost materijala, i vrlo složeni fazni dijagram. Tako u faznom dijagramu imamo prisutnost antiferomagnetske faze za koncentracije kisika $X=0$ te s povećanjem koncentracije kisika uz magnetsko uređenje javlja se supravodljiva faza, jaka elektronska međudjelovanja, pojava tzv. pseudoprocijepa, iščezavanje pseudo potencijala s maksimalnom temperaturom supravodljivog prijelaza, T_c, da bi na kraju povećanje koncentracije kisika $X=1$ dovelo do sniženja T_c. U okviru rada student će istražiti utjecaj uređenja kisika na magnetska i supravodljiva svojstva YBa2Cu3O(6+x) ($0,5 < x < 1$) monokristala i upoznati tehnike sinteze YBa2Cu3O(6+x) monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: dr. sc. Marko Kralj	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Mikroskopija i spektroskopija bliskog polja	
<p>Nano-strukture i atomski tanki (2D) materijali imaju zanimljiva optička i elektronska svojstva. Osim toga, zbog svoje nanometarske veličine, poželjni su u trendu smanjivanja funkcionalnih komponenti u uređajima te su stoga idealni za razvoj primjena u (foto)elektronici i fotonici. Karakterizacija, razumijevanje i ciljani inženjering svojstava takvih materijala, zahtijevaju napredne mikroskopske tehnike, koje ne služe samo za topografsko oslikavanje, već 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 mikroskopijske 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 nano-skali (nano-FTIR). Više informacija o mentoru i vezanim istraživanjima na Institutu za fiziku, možete naći na ovom linku: http://marko-kralj.from.hr/.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Matea Krmpotić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Matrični efekti u analizi sintetskih organskih pigmenta tehnikom MeV SIMS	
<p>Sekundarna ionska masena spektrometrija u kojoj se za pobudu koriste ioni MeV-skih energija (MeV SIMS) nuklearna je analitička metoda koja se u Laboratoriju za interakcije ionskih snopova kontinuirano razvija posljednjih deset godina, a svoju primjenu nalazi u istraživanjima u biologiji, forenzici i kulturnoj baštini. Metoda je vrlo površinski osjetljiva i pogodna za detekciju organskih molekula te je kao takva jedina IBA tehnika (engl. Ion Beam Analysis) kojom je moguće odrediti molekularni sastav uzorka. Dio istraživanja koja se provode u našem laboratoriju odnosi se na primjenu MeV SIMS-a za identifikaciju sintetskih organskih pigmenta (SOP-a) i boja (engl. dyes) u modernim slikarskim bojama i tintama. Do sada smo pokazali da je ovom tehnikom moguće određivati kemijski sastav pigmenta raznih klasa spojeva kao i nekih organskih veziva [1-2], što je posebno bitno u restauraciji i konzervaciji umjetnina, kao i kod njihovog datiranja. Poznato je da prinos sekundarnih molekularnih iona ovisi o vrsti, naboju i energiji primarnog ionskog snopa, odnosno o elektronskoj zaustavnoj moći iona [3]. Međutim, bitan utjecaj ima i kemijsko okruženje, odnosno matrični efekti [4]. Cilj diplomskog rada je odrediti u kojoj mjeri vrsta i koncentracija matrice utječu na detekciju SOP-a u bojama tehnikom MeV SIMS, pri čemu će fokus biti na organske pigmente različitih klasa spojeva (primjerice ftalocijanini, azo pigmenti i diketo-pirol-pirol) u različitim organskim vezivima (alkidu, akrilu ili ulju). Modelni uzorci će biti pripremljeni u suradnji s Akademijom likovnih umjetnosti u Beču. Diplomant će odrediti kako sastav matrice i koncentracija pigmenta utječe na prinos sekundarnih molekularnih iona te koje su granice detekcije za dane SOP-e u različitim matricama s obzirom na vrstu i energiju primarnog ionskog snopa. U tu svrhu će se koristiti mikroproba s linearnim TOF spektrometrom. Diplomant će također ispitati može li se efekt matrice reducirati koristeći snopove težih iona viših energija [3] za što bi se koristila kapilarna mikroproba s reflektrom TOF spektrometrom. Masena rezolucija reflektrom TOF spektrometra za red je veličine viša u odnosu na linearni TOF, ali pod cijenu smanjene efikasnosti detekcije sekundarnih iona, posebice iona viših masa. Stoga će se utvrditi i može li se i ovaj novo razvijeni sustav [5] koristiti za identifikaciju pigmenta u kompleksnim uzorcima kao što su slikarske boje. [1] M. Krmpotić et al. Identification of Synthetic Organic Pigments (SOPs) Used in Modern Artist's Paints with Secondary Ion Mass Spectrometry with MeV Ions. <i>Anal. Chem.</i> 92 (2020) 9287–9294. doi: 10.1021/acs.analchem.0c01630. [2] M. C. Malloy et al. Determination of deposition order of blue ballpoint pen lines by MeV Secondary Ion Mass Spectrometry. <i>Forensic Chem.</i> 7 (2018) 75–80. doi: 10.1016/j.forc.2017.10.004. [3] M. Brajković et al. Dependence of Megaelectron Volt Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry Secondary Molecular Ion Yield from Phthalocyanine Blue on Primary Ion Stopping Power. <i>J. Am. Soc. Mass Spectrom.</i> 31 (2020) 1518–1524. doi: 10.1021/jasms.0c00080. [4] A. G. Shard et al. The matrix effect in organic secondary ion mass spectrometry. <i>Int. J. Mass Spectrom.</i> 377 (2015) 599–609. doi: 10.1016/j.ijms.2014.06.027. [5] Z. Siketić et al. Chemical Imaging of Organic Materials by MeV SIMS Using a Continuous Collimated Ion Beam. <i>Anal. Chem.</i> 95 (2023) 3069–3074. doi: 10.1021/acs.analchem.2c05234.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nikša Krstulović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Laserska sinteza nanočestica i inkorporacija u polimere pomoću RF-ICP plazme	
<p>U okviru diplomskog rada sintetizirat će se nanočestice pomoću laserske ablacije meta u tekućini. Nanočestice će se potom nanositi na polimere i ugrađivati u njih pomoću djelovanja radio-frekventne induktivno vezane niskotlačne plazme kisika (RF-ICP). Kisikova RF-ICP plazma vrlo je reaktivna i putem procesa fizikalnog i kemijskog jedkanja mijenja strukturna i kemijska svojstva izloženih površina. U slučaju polimera mijenja im hidrofobnost odnosno hidrofilnost, morfologiju, sastav i hrapavost. Nanočestice bi se ugrađivale putem povećane hrapavosti i hidrofilnosti. Polimeri bi se nakon tretmana testirali na curenje nanočestica da se odredi kvaliteta ugradnje nanočestica, antimikrobnost i poboljšanu UV zaštitu. Tijekom tretmana polimera RF-ICP plazmom vršio bi se monitoring pripadnih procesa međudjelovanja putem optičke emisijske spektroskopije (OES spektrometar s iCCD kamerom). Polimeri bi se analizirali mikroskopskim tehnikama, uređajem za mjerenje kontaktnog kuta, UV-Vis spektrometrijom, FT-IR spektrometrom te bi se količina ugrađenih nanočestica i testovi curenja izvodili pomoću ICP-OES uređaja. Koloidi dobivenih nanočestica analizirali bi se s pomoću DLS uređaja, PL spektrometra i UV-Vis spektrofotometra. Laser za sintezu nanočestica bio bi nanosekundni Nd:YAG laser s slijedećim karakteristikama: 1064 nm fundamentalni mod (mogućnost i 532 nm, 355 i 266 nm), 5 ns trajanje pulsa, 1-20 stopa repeticije pulseva i 300 mJ izlazne energije. Nanočestice od interesa su ZnO, TiO₂ i Ag. Polimeri od interesa su HDPE, LDPE, PVC i PET. Polimeri sa ugrađenim nanočesticama predstavljaju novu klasu polimera sa širokim spektrom primjena u industriji hrane (antimikrobnost, barijerna svojstva), tekstila (bolja UV zaštita i biorazgradivost) i pročišćenja vode (fotokataliza).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Opis raspodjele kvarkova i gluona u protonu pomoću gausijanskih procesa	
<p>Kinematička raspodjela kvarkova i gluona u protonu je fundamentalno neperturbativna veličina koja se određuje posredno, prilagodbom modela na eksperimentalne podatke. Obzirom na velik broj kinematičkih varijabli i odgovarajuću višedimenzionalnost parametarskog prostora izbor modela unosi potencijalno veliku i nepoznatu neodređenost u konačno određene raspodjele. U diplomskom radu bi se istražila mogućnost upotrebe gausijanskih procesa kao modela za ove raspodjele koji pokazuju potencijal da se krajnja neodređenost rezultata može pouzdano kvantificirati.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Magnetootpornost anizotropnih Diracovih polumetala	
<p>Mjerenja magnetootpornosti u jako dopiranim Diracovim polumetalima pokazuju rezultate koji su slični rezultatima u tipičnim metalnim sustavima. Ti rezultati se mogu lako objasniti pomoću semiklasičnih Boltzmannovih jednadžbi, ili pomoću kvantnih transportnih jednadžbi u kojima su relaksacijski procesi uključeni fenomenološki. Međutim, u slabo dopiranim Diracovim polumetalima pri snižavanju temperature od 150 Kelvina do nekoliko Kelvina dolazi do anomalnog povećanja magnetootpornosti od tri reda veličine. To je najvažnija anomalija opažena u Diracovim polumetalima. U ovom radu će se koristiti formalizam jednadžbi gibanja da se odredi struktura svih važnih elemenata u kvantnim transportnim jednadžbama u anizotropnom 3D Diracovom modelu. Prvo će se reizvesti svi doprinosi koji postoje u Boltzmannovim jednadžbama. Nakon toga će se odrediti struktura unutarvrpčane memorijske funkcije te oblik svih transportnih koeficijenata. Provjerit će se do kojih sve promjena dolazi u tim koeficijentima sa smanjenjem dopiranja vodljivih vrpca, te da li neke od tih promjena mogu objasniti anomalni porast u magnetootpornosti od tri reda veličine.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: dr. sc. Karlo Lelas	Institucija: ttf
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	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. Ivor Lončarić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Nikola Poljak	Institucija: pmf
Globalni strojno naučeni interatomske potencijali	
<p>Fizika čvrstog stanja do sada je uglavnom nastojala pružiti objašnjenja za svojstva i fenomene materijala pripremljenih i karakteriziranih u laboratoriju. S razvojem računala i teorija koje dobro predviđaju svojstva materijala poput teorije funkcionala gustoće, postalo je moguće modelirati i materijale koji do sada nisu sintetizirani ili nisu eksperimentalno karakterizirani. S nedavnim razvojem strojnog učenja te spomenutim metodama koje predviđaju svojstva materijala, može se početi misliti o ciljanom dizajnu materijala sa željenim svojstvima. Kako bi se taj cilj mogao provesti, poželjno je imati globalni interatomske potencijal koji radi dobro za bilo koji materijal iz željene klase materijala kako bi se izbjegli skupi izračuni teorijom funkcionala gustoće. Jedan takav primjer iz literature je: https://www.nature.com/articles/s41586-023-06735-9 Unutar ovog diplomskog rada, naučio bi se globalni strojno naučeni potencijal i testirala njegova prediktivnost koristeći napredne graf neuronske mreže. Publikacije mentora: https://scholar.google.hr/citations?user=MLxejsUAAAAJ&hl=en CV mentora: http://tp2.irb.hr/wp-content/uploads/2021/12/cv_ivor.pdf</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Rakhi Nandalal Mahbubani	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Deep Learning and Quantum Field Theory	
<p>The application of field theory methods to study machine learning is an emerging field of research that offers valuable insights into the behaviour and optimisation of complex learning systems. In this project, we will use methods from Effective Field Theory and Renormalisation Group to understand the behaviour and learning dynamics in machine learning (in particular in deep learning neural networks). We will apply the machine learning methods to simple examples, such as the 1D interpolation problem, where the theoretical modelling is simplified, in order to gain insight into learning dynamics. In the first part of the project the student will familiarize themselves with some standard machine learning methods, like deep neural networks, and learn how to apply them to simple 'toy problems', paring down the network architecture to its bare essentials for ease of theoretical understanding. In the second step, the student will develop a path integral description of the learning process in the simplified network architecture and study its properties (such as correlations between network weights) using well-known perturbative and renormalisation group methods. This project will be carried out in collaboration with Dr. Zvonimir Vlah.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Marija Majer	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Apsorbirane doze gama zračenja izvan ciljnog volumena u radioterapiji snopovima iona ^1H, ^4He, ^{12}C i ^{16}O	
<p>Radioterapija ima jako važnu ulogu u liječenju karcinoma. Oko 2/3 oboljelih će tijekom liječenja primiti neki oblik radioterapije i stoga se tehnike i metode zračenja ubrzano razvijaju i unapređuju ne bi li se omogućila što bolja raspodjela zračenja u ciljnom volumenu i što bolja pošteta ostalog, zdravog tkiva (tj. područja izvan ciljnog volumena). Zbog načina/mehanizma međudjelovanja zračenja s materijom, ozračivanje zdravog tkiva se nikad ne može potpuno izbjeći. Iako su te doze male, one povećavaju vjerojatnost da u budućnosti dođe do neželjenih učinaka (npr. nastanak novog karcinoma). Najosjetljivija skupina pacijenata za koju je najvažnije smanjiti rizike su djeca. Sustavi za planiranje radioterapije fokusirani su na ciljni volumen i usko područje oko njega, i stoga su dozimetrijska mjerenja izvan ciljnog volumena vrlo važna za prikupljanje informacija o apsorbiranim dozama, nužnim za procjenu rizika. Teške nabijene čestice (protoni i teži ioni), za razliku od fotona i elektrona, većinu svoje energije pohranjuju u materijal na samom kraju putanje. Stoga, raspodjela apsorbirane doze (energija apsorbirana u jediničnoj masi materijala) po dubini u materijalu ima izraženi vrh (Braggov vrh) na kraju čestične putanje pri čemu položaj vrha ovisi o početnoj energiji upadne čestice. Ta se fizikalna posebnost teško nabijenih čestica koristi u modernoj radioterapiji te se odabirom odgovarajuće energije snopa, energija pohranjuje na željeno mjesto (ciljni volumen) uz maksimalnu poštedu ostalog tkiva (izvan ciljnog volumena). Prednost težih iona u odnosu na protone je njihova veća radiobiološka učinkovitost (engl. radiobiological effectiveness, RBE) koja se dodatno povećava u području Braggovog vrha. No s druge strane, nuklearne reakcije duž puta i mogućnost fragmentacije težih iona uzrokuje raspodjelu doze i nakon Braggovog vrha te vrlo složenu raspodjelu sekundarnog zračenja u kojoj se tkivo nalazi. U zadnjih desetak godina započeli su s radom brojni protonski radioterapijski centri i trenutno ih je u svijetu 126 aktivnih, dok se snopovi iona ugljika klinički koriste u 14 centara. Snopovi helija i kisika su još u eksperimentalnoj fazi ispitivanja dobiti za pacijente. Jedan od kriterija usporedbe različitih ionskih snopova su doze izvan ciljnog volumena. U radu će se usporediti apsorbirane doze gama zračenja mjerene izvan ciljnog volumena u radioterapijskom postupku zračenja tumora mozga kod dječjeg pacijenta koristeći snopove iona ^1H, ^4He, ^{12}C i ^{16}O. Koristit će se antropomorfnu fantom, napravljen od tkivu ekvivalentnih materijala, koji oponaša desetogodišnje dijete. Za dozimetrijska mjerenja koristit će se radiofotoluminescentni (RPL) dozimetri koji će se postaviti u organe od interesa u fantomu. Student će tijekom rada naučiti o međudjelovanju protona i težih nabijenih čestica s materijom, osnovne dozimetrijske veličine i principe, osnovne principe radioterapije te posebno protonsku i hadronsku radioterapiju, i osnovne fizikalne principe RPL dozimetrije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Uređaj za pozitronsku emisijsku tomografiju s vremenom proleta	
<p>U okviru projekta SiLGaP (phy.pmf.unizg.hr/~makek/SILGAP/) 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 detektora 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: Izv. prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Uporaba strojnog učenja za prepoznavanje komptonских događaja u pozitronskoj emisijskoj tomografiji	
U okviru projekta SiLGaP (phy.pmf.unizg.hr/~makek/SILGAP/) 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 komptonских 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 mjeranim podacima.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Petar Marević	Institucija: pmf
Mikroskopski opis kutne količine gibanja fisijских fragmenata	
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 fisijских fragmenata (AMFF) koji značajno određuje proces emisije neutrona i fotona s pobuđenih fragmenata tijekom njihova prijelaza prema osnovnome 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 diplomskoga 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 se istraživanje odvija u suradnji s inozemnim znanstvenicima te 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).	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: V. pred. dr. sc. Karolina Matejak Cvenić	Institucija: pmf
Istraživanje učeničkog konceptualnog razumijevanja magnetizma	
Magnetizam je dio obveznog kurikuluma fizike u gimnazijama, a tu cjelinu učenici tipično obrađuju u trećem razredu gimnazije. U sklopu cjeline magnetizma, učenici susreću i obrađuju razne magnetske pojave. Ishodi propisani kurikulumom predviđaju da učenik nakon završetka procesa učenja opisuje svojstva magneta i analizira vezu između električne struje i magnetizma, te da analizira magnetsko međudjelovanje i objašnjava primjene. Ti se ishodi odnose na međudjelovanje magneta, koncepte magnetskog polja i toka, magnetski učinak električne struje, magnetsku silu na strujnu petlju, magnetsku silu između dva vodiča, te gibanje nabijene čestice u magnetskom polju. Uz objašnjenje navedenih pojava, učenici ih i matematički opisuju. Ovaj će diplomski rad dati pregled literature na temu postojećih konceptualnih poteškoća koje učenici iskazuju u razumijevanju magneta i magnetskih pojava. Planira se provesti kvalitativno istraživanje konceptualnog razumijevanja učenika trećih razreda gimnazija o ishodima tipičnih pokusa vezanih uz magnetizam. Istraživanje bi se provelo s pomoću demonstracijskih polustrukturiranih intervjua s učenicima, koji bi se proveli nakon što su učenici na redovnoj nastavi obradili gradivo magnetizma. Učenički će se odgovori na pitanja u intervjuu analizirati, kategorizirati te usporediti s rezultatima prethodnih istraživanja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

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

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

Voditelj: dr. sc. Stefano Mezzasalma	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Coupling of self-oscillators	
<p>Self-oscillators are ubiquitous in physics and chemistry [1], offering a practical solution for developing low-maintenance autonomous devices (e.g. such as soft robots). Their capacity to maintain a given frequency and phase allows for the transformation of a steady input into a useful oscillating output [2]. Controlling self-oscillations at the nanoscale then holds promise for designing processes on a microscopic level, suggesting applications beyond soft actuators, including biosensing, switchable catalysis, and solar engines. In this context a nonlinear thermoplasmonic self-oscillation model has been recently proposed and studied [3]. A dispersion of Au nanoparticles, when exposed to light irradiation, exhibits simultaneous oscillations in both interfacial temperature and the density of clusters following the aggregation of nanocolloids due to intermolecular and surface forces. Building upon this research, the present proposal aims to investigate on the potential coupling of different thermoplasmonic oscillations. This analysis, primarily focused on the physical and phenomenological aspects, will utilize prototype systems and basic numerical calculations to test the outcomes. If successfully developed and completed, the results could enter a new publication in a peer-reviewed scientific journal. [1] Zeng, H. et al. Nat. Comm. 10 (2019) 5057; [2] Jenkins, A. Phys. Rep. 525 (2013) 167; [3] Mezzasalma, S.A., Kruse, J., Merkens, S., Lopez, E., Seifert, A., Morandotti, R., Grzelczak, M. Adv. Mater. 35 (2023) 2302987.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Stefano Mezzasalma	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marinko Jablan	Institucija: pmf
Light-driven nucleation regimes	
<p>Research groups have demonstrated that light can enhance metal nanocrystal-mediated photocatalytic events and nanoparticle growth [1]. When a solution of nanoparticles is illuminated with a wavelength matching their localized surface plasmon resonance (LSPR) [2], metal reduction rates increase. These phenomena fall under the category of plasmonic catalysis [3–4]: by modifying the total electronic energy of atoms and molecules near the surface of a plasmonic core, photocatalytic events triggered by light absorption can lead to enhanced chemical reactivity. The objective of this diploma student proposal is to provide a quantitative analysis of the effects of light irradiation on crystal nucleation (and subsequent growth) processes in an amorphous phase (i.e., liquid or gel) with or without a dispersed nanoparticle population. Considering essential parameters of both the host system (e.g., surface tension, free energies, etc.) and the light beam (e.g., wavelength, intensity), the primary nucleation regimes (homogeneous, heterogeneous, secondary) [5] will be examined and compared from a physical standpoint. This analysis is linked to a recently funded project (POTENTIALS, HrZZ), with the principal investigator being the current mentor. If successful, the results could potentially contribute to a publication in a peer-reviewed scientific journal. [1] Grzelczak, M. and Liz-Marzà, L.M. Chem. Soc. Rev. 43 (2014) 2089–2097; [2] Amendola, V. et al. J. Phys.: Condens. Matter 29 (2017) 203002; [3] Gellé, A. et al. Chem. Rev. 120 (2020) 986–1041; [4] Dubi, Y., and Sivan, Y. Light: Sci. & Appl. 8 (2019) 89; [5] Debenedetti, P.G. “Metastable Liquids: Concepts and Principles.” Princeton University Press, Princeton, 1997.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Vesna Mikšić Trontl	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Istraživanje slitina visoke entropije fotoemisijom spektroskopijom	
<p>Velika ekspanzija istraživanja kemijski kompleksnih slitina kao što su približno ekvimolarne, višekomponentne slitine visoke entropije (high entropy alloys-HEA) doveli su ove sustave u fokus istraživanja u znanosti o materijalima. U zadnje je vrijeme otkriveno nekoliko slitina s izvrsnim mehaničkim svojstvima na niskim i visokim temperaturama kao i dobrom otpornosti na oksidaciju i zračenje. Također, otkriveni su neki intrigantni fenomeni uključujući Kondo efekt, supravodljivost, bozonski vrh itd. Podešavanjem koncentracija ili sastava konstituenata HEA, moguće je mijenjati njihova svojstva. Iako su otkrivena brojna atraktivna svojstva ovih slitina, fundamentalno razumijevanje je još uvijek nedostatno za dizajniranje HEA ciljanih svojstava. Glavna zapreka tome vjerojatno je nedostatak detaljnog uvida u njihovu elektronsku strukturu koja u metalnim sustavima određuje sva intrinzična svojstva. Posljednjih godina na Institutu za fiziku, provode se istraživanja HEA fotoelektronskom spektroskopijom (npr. [1, [2, [3]), metodom koja daje direktan uvid u elektronsku strukturu materijala. U okviru ovog diplomskog rada, student će se detaljno upoznati s tehnikom fotoelektronske spektroskopije. Stečeno znanje će primijeniti na istraživanje elektronske strukture HEA prijelaznih metala. Ovisno o interesima studenta, ovaj diplomski rad može kasnije voditi na izradu doktorske disertacije s temom koja bi bila usmjerena na istraživanje ultrabrzne dinamike elektrona metodom vremenski razlučive fotoelektronske spektroskopije. [1] Petar Pervan, Vesna Mikšić Trontl, Ignacio Alejandro Figueroa, Tonic Valla, Ivo Pletikosić and Emil Babić ; Compositionally complex alloys: some insights from photoemission spectroscopy // Materials, 16(2023), 4; 1486, 16 [2] Babic, Emil; Drobac, Duro; Figueroa, Ignacio Alejandro; Laurent-Brocq, Mathilde; Marohnic, Zeljko; Miksic Trontl, Vesna; Pajic, Damir; Perriere, Lo c; Pervan, Petar; Remenyi, Gyorgy; Ristic, Ramir; Salcinovic Fetic, Amra; Staresinic, Damir; Zadro, Kreso; Transition from High-Entropy to Conventional Alloys: Which Are Better? // Materials 14 (2021), 19 [3] Marko Kuveždić, Emil Tafra, Mario Basletić, Ramir Ristić, Petar Pervan, Vesna Mikšić Trontl, Ignacio A. Figueroa, Emil Babić; Change of electronic properties on transition from high-entropy to Ni-rich (TiZrNbCu) 1-x Ni x alloys // Journal of Non-Crystalline Solids 531 (2020) 119865</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Nikolić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Problem vremena u kanonskoj kvantnoj gravitaciji	
<p>U kanonskoj formulaciji opće teorije relativnosti, jedna od jednačbi gibanja je Hamiltonijanski uvjet koji kaže da je Hamiltonijan jednak nuli. U kvantnoj verziji teorije to implicira da kvantno stanje ne ovisi o vremenu, pa se postavlja pitanje odakle onda potječe vremenska ovisnost u fizikalnim fenomenima. To se zove problem vremena u kanonskoj kvantnoj gravitaciji. Postoje brojni prijedlozi mogućih pristupa rješavanju problema, ali nijedan poznati pristup nije sasvim zadovoljavajuć i nema konsenzusa koji pristup je ispravan. Cilj diplomskog rada je detaljno objasniti formalne i konceptualne aspekte problema vremena, te glavne pristupe rješavanju problema, kao i poteškoće koje se javljaju pri pojedinim pristupima. Osnovna literatura je pregledni rad K.V. Kuckar, Time and interpretations of quantum gravity, Int. J. Mod.Phys. D 20, Suppl. 1 (2011) 3-86.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

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

Voditelj: dr. sc. Ivan Nišandžić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Primjena metode ekspanzije teškog kvarka na inkluzivni semileptonski raspad B mezona	
<p>U okviru ovog diplomskog rada, student će se upoznati s osnovama primjene metode ekspanzije teškog kvarka na inkluzivni semileptonski raspad B mezona u hadrone koji uključuju charm kvark, kao i nabijeni laki lepton i neutrino u konačnim stanjima. Jedan od glavnih ciljeva rada je demonstracija da je slika partonskog modela, prema kojoj je inkluzivni raspad teških hadrona opisan raspadom slobodnog teškog kvarka, točna u granici u kojoj se masa b-kvarka približava beskonačnosti. 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 određeno 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
Kongresija kromosoma kao problem staničnog odlučivanja	
<p>Tijekom stanične diobe, ključno je osigurati uvjete koji omogućuju pravilnu podjelu genetskog materijala kako bi se osigurala stabilnost genetskog nasljeđivanja. Pravilna podjela značajno ovisi o kongresiji, tj. kretanju kromosoma duž diobenog vretena prema mjestu buduće metafazne ravnine. Ako dođe do zaostajanja kromosoma u kongresiji, nakon diobe se mogu formirati mikrojezgre i nastupiti promjene broja kromosoma, što je poznato kao aneuploidija. Ove stanične pojave ključne su za razumijevanje nastanka tumora i imaju veliki prognostički značaj u medicini. Iz tog razloga možemo smatrati kongresiju kromosoma problemom staničnog odlučivanja, jer stanica mora pažljivo odabrati optimalan trenutak za početak kongresije kako bi uskladila taj proces s drugim procesima u stanici. Cilj ovog diplomskog rada je teorijskim modeliranjem pronaći molekularni mehanizam koji stanici omogućuje takvo precizno odlučivanje u prostoru i vremenu. Student će formulirati reakcije u biokemijskoj mreži kongresije (CENP-E – Aurora B – Aurora A - KMN) kao sustav običnih vezanih diferencijalnih jednadžbi, te potražiti režim bistabilnosti u odnosu na kontrolni parametar, koncentraciju molekule Aurora A, što će omogućiti fiksiranje nepoznatih brzina reakcija. Nakon toga će student riješiti jednadžbe kemijskih reakcija u režimu malog broja molekula, koristeći Gillespijev algoritam. Dobiveni rezultati biti će uspoređeni s eksperimentalnim podacima iz suradničkog laboratorija. Student će također istražiti utjecaj utišavanja molekula CENP-E i Aurora A unutar svog modela. Pri izradi ovog diplomskog rada, student će se upoznati s općim principima modeliranja biokemijskih mreža, kao i s ulogom bistabilnosti u staničnom odlučivanju vezanom uz kongresiju, gdje taj mehanizam do sada nije bio istražen.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Optimizacija parametara optičke litografije za transportnu karakterizaciju odabranih van der Waalsovih materijala	
<p>Tijekom izrade diplomskog rada kandidat će se upoznati s procesom optičke litografije te će optimizirati proces izrade strujnih i naponskih proba za karakterizaciju niza van der Waalsovih materijala kao što su topološki izolatori, visokotemperaturni supravodiča te dihalogenida prijelaznih metala. Plan je postići rezoluciju kontaktnih obrazaca bolju od 10 micro-metara te osmisliti način kontaktiranja uzoraka debljine do oko jedan mikrona. Nakon uspješnog kontaktiranja dobiveni uzorci će se karakterizirati mjerenjem I-V krivulja te temperature ovisnosti električne otpornosti.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Neadijabatsko elektron-fonon vezanje i utjecaj na LO-TO cijepanje u dopiranim polarnim poluvodičima.	
<p>Utjecaji dinamičkog zasjenjenja i plazmonske pobuđenja (neadijabatski efekti) na fononsku dinamiku i elektron-fonon vezanje vrlo su slabo istraženi. Poznato je da u polarnim 3D materijalima postoji energetski procjep između longitudinalnih transverzalnih optički (LO i TO) fonona u dugovalnoj granici. Prilikom dopiranja i promjene zasjenjenja, taj procjep nestane. Kod 2D polarnih materijala situacija sa zasjenjenjem je drugačija, pa procjepa nema, dok kod dopiranja dolazi do promjene dugovalne disperzije LO i TO fonona. Navedeni zaključci dolaze kad se razmatra statičko dielektrično zasjenjenje, što je korektna aproksimacija za nedopirane polarne sustave. No prilikom dopiranja očekuju se velike promjene u fononskoj dinamici ako se u obzir uzme dinamičko zasjenjenje i plazmonska pobuđenja. U ovom radu istražiti će se upravo utjecaj dinamičkog zasjenjenja na LO-TO cijepanje u raznim 2D i 3D polarnim materijalima, prilikom čega će se kombinirati jednostavni teorijski modeli i perturbativna teorija funkcionala gustoće. Utjecaj neadijabatskog LO-TO cijepanja na transport i ostala fizikalna svojstva će se također diskutirati.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Dielektrična svojstva i plazmoni u dopiranom stroncijevom titanatu (SrTiO₃) iz prvih principa	
Iako otkriveno prije mnogo godina, supravodljivo stanje u dopiranom stroncij titanatu (SrTiO ₃) i dalje je nerazjašnjeno te okupira mnoge znanstvenike iz raznih područja čvrstog stanja i znanosti o materijalima. Kroz godine, kao mehanizam sparivanja parova često se spominju neadijabske 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 SrTiO ₃ pomoću teorije funkcionala gustoće. Zaključci ovog rada poslužili bi kao podloga u razumijevanju dinamičkog zasjenjenja, međugre polarnih fonona, elektrona i plazmona, te nekonvencionalnog supravodljivog stanja u SrTiO ₃ .	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Nikolina Novosel	Institucija: ifs
Magnetska uređenja i fenomeni u dopiranom CaMnO₃ manganitu	
Oksidi mangana ili manganiti ogledni su primjer sustava s jakim elektronskim korelacijama. Manganiti su pobudili velik interes znanstvene zajednice otkrićem svojstva kolosalnog magnetootpora (eng. colossal magnetoresistance) 1994. godine. To je pojava metal-izolator prijelaza induciranog vanjskim magnetskim poljem u blizini Curieve temperature pri čemu se otpor manganita smanji i do nevjerojatnih 10 ¹¹ %. Pored navedenog manganiti pokazuju i druge egzotične pojave i stanja materije, kao što su različita (istovremena) magnetska uređenja, uređenje naboja, neobični mehanizmi vođenja električne struje, efekti pamćenja (eng. memory effect) i starenja (eng. ageing effect). Navedene pojave međusobno su usko povezane i ovisе o parametrima kemijskog sastava manganita, temperaturi i magnetskom polju. U okviru diplomskog rada eksperimentalno će se istražiti magnetska svojstva odabranog manganita CaMnO ₃ dopiranog elementom rijetke zemlje (La, Gd ili Er). Tipično se u ovakvim uzorcima opaža prisustvo dvije magnetski uređene faze: antiferomagnetske i feromagnetske faze. Dodatno se može opaziti ovisnost magnetskih svojstava o povijesti uzorka uključujući pojave magnetskih i temperaturnih histereza. U istraživanju će se koristiti dvije eksperimentalne tehnike za ispitivanje magnetskih svojstava uzoraka u području fizike kondenzirane materije: mjerenje magnetskog momenta uzorka u ovisnosti o temperaturi (2-400 K) i primijenjenom magnetskom polju (do 7 T) korištenjem MPMS3 (Quantum Design) SQUID magnetometra i mjerenje magnetske ac susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi (4-300 K) i frekventnom rasponu 1-1000 Hz korištenjem Cryobind susceptometra. Student/ica će se uz svladavanje eksperimentalnih tehnika magnetskih mjerenja upoznati i s kriogenim tehnikama postizanja niskih temperatura pomoću tekućeg dušika i helija, s radom supravodljivih magneta i s vakuumskim tehnikama.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: ugljikov dioksid	
Ugljikov dioksid danas je jedan od ključnih plinova koji imaju utjecaj na klimatske procese na Zemlji. U ovom radu ćemo se upoznati se nekim od metoda mjerenja koncentracije ugljikovog dioksida u zraku i vodi te razmotriti načine kako ovu tematiku kroz istraživačke aktivnosti uključiti u okviru kurikuluma fizike.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Klimatske promjene kao tema u nastavi fizike: hidrološki ciklus	
<p>Jedan od glavnih izazova današnjice su klimatske promjene. Tema klimatske promjene nije adekvatno uključena u postojećim kurikulumima fizike i drugih prirodoslovnih predmeta u osnovnoj i srednjoj školi. U okviru ovog rada će se stavljajući naglasak na modele kojima se prikazuju neki detalji hidrološkog ciklusa u prirodi prikazati mogućnosti integracije ove teme u okviru postojećih kurikuluma. Razmotrila bi se i opcija razvoja novih međupredmetnih sadržaja temeljno baziranih na fizikalnom razumijevanju procesa u prirodi.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Suvremena nastava fizike: optička komunikacija	
<p>Nastavu fizike treba osnažiti sadržajima koji u okviru postojećeg kurikuluma učenicima daju mogućnost uvida u razvoj i primjenu suvremenih tehnologija baziranih na fizikalnim principima. To je važno jer se direktnim uvidom u današnja istraživanja i tehnologije može pobuditi interes učenika za fiziku i STEM područja općenito. Jedna od ključnih komunikacijskih tehnologija danas je prijenos informacija optičkim kablovima, odnosno optička komunikacija. U ovom radu bi osmislili nekoliko praktičnih aktivnosti koje se mogu implementirati u nastavu fizike.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove)</p> <p>Magistar edukacije fizike</p> <p>Magistar edukacije fizike i informatike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije</p> <p>Magistar edukacije fizike i tehnike</p> <p>Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)</p>	

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

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

Voditelj: Prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Nukleosinteza procesom brzog uhvata neutrona u eksplozivnim astrofizičkim okruženjima	
<p>U okviru ove teme predviđeno je modeliranje nuklearnog procesa brzog uhvata neutrona (engl. r-process) postavljanjem astrofizičkih uvjeta u eksplozivnim okruženjima poput supernove ili spajanja neutronske zvijezde. Korištenjem nuklearnih reakcijskih mreža bit će simulirane kompleksne interakcije između različitih jezgara, posebice uхват neutrona, fotodezintegracija, beta raspada i alfa raspada. U modeliranju će biti implementirani računalni kodovi poput TRAM, SkyNet ili PRISM/CLARITY koji rješavaju sustav jednačbi koji opisuje dinamiku r-processa. Praćenjem evolucije zastupljenosti elemenata tijekom vremena, bit će analizirana dinamika stvaranja kemijskih elemenata težih od željeza, uzimajući u obzir termičke i kinetičke uvjete unutar astrofizičkih okruženja. Bit će istražena mogućnost integracije relativističkog nuklearnog energijskog funkcionala gustoće s modernim pristupima rješavanja nuklearnih reakcijskih mreža. Kombinacija numeričkih metoda i nuklearne fizike ključna je za razumijevanje r-processa kao fundamentalnog procesa sinteze kemijskih elemenata u svemiru. Ova tema je prikladna za izradu više diplomskih radova.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetsko ponašanje lančastih i slojevitih hidbridnih metoksietilamonijevih halogenokuprata(II)	
<p>Novi hibridni spojevi metoksietilamonijevih halogenokuprata(II) sintetizirani su na Kemijskom odsjeku PMF-a i istražena im je kristalna struktura. Ovisno o sintezi oni kristaliziraju ili u lančastoj ili u slojevitoj strukturi. U diplomskom radu istražiti će se magnetsko ponašanje tih struktura u širokom rasponu temperatura i magnetskih polja pomoću SQUID magnetometra. 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.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Luka Pavelić	Institucija: imi
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Mjerenje performansi optički stimuliranih luminiscentnih dozimetara u standardnim rendgenskim snopovima	
<p>Dozimetrija zračenja je znanstvena disciplina koja se bavi mjerenjem i izračunom doze zračenja koju apsorbira materija, posebno živo tkivo, izloženo ionizirajućem zračenju. Poseban naglasak u suvremenim istraživanjima dozimetrije stavlja se na tehnologiju optički stimuliranih luminiscentnih (OSL) dozimetara, koja predstavlja korak unaprijed u mjerenju operativnih mjernih veličina u osobnoj i okolišnoj dozimetriji. Za točno mjerenje, OSL dozimetri moraju imati specifične karakteristike poput adekvatnog energijskog i kutnog odziva, linearnosti odziva na dozu i stopu dozno ekvivalenta. Ovaj diplomski rad usmjerit će se na eksperimentalna mjerenja performansi modernog OSL dozimetrijskog sustava u standardnim rendgenskim snopovima, u skladu s ISO 4037 normom. Performanse će se uspoređivati s drugim pasivnim i/ili aktivnim mjernim sustavima, a u sklopu mjerenja biti će razrađen i budžet mjerne nepouzdanosti kako bi se osigurala visoka točnost i pouzdanost dobivenih rezultata. Sva mjerenja biti će provedena u Laboratoriju za dozimetriju zračenja i Laboratoriju za metrološka rendgenska ozračivanja Zavoda za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Modeliranje sila odgovornih za pozicioniranje kromosoma u diobenom vretenu	
<p>Tijekom dijeljenja stanica formira se diobeno vreteno, čija je uloga podjela genetičkog materijala između stanica kćeri. Diobeno zamišljamo kao mikro-stroj koji se sastoji od mikrotubula, kromosoma i različitih dodatnih proteina. Ono generira sile koje transportiraju kromosome tokom formiranja, a zatim i prilikom podjele genetskog materijala. Pritom je od ključne važnosti da se kromosomi poravnaju u ekvatorijalnoj ravnini. Da bi se opisale sile koje pozicioniraju kromosome, uvest će se model koji uključuje mikrotubule koji se protežu od polova prema kinetohorama, poznate kao kinetohorna vlakna, zatim mikrotubule koji premošćuju sestrinska kinetohorne vlakana, nazvani prenosni mikrotubuli te sile koje djeluju u diobenom vretenu: sile koje nastaju između mikrotubula i kinetohora, sile između centrosoma i mikrotubula, sile koje su prisutne u prenosnim mikrotubulima, a generiraju ih molekularni motori. Dobiveni će rezultati usporediti s izmjerenim položajima kromosoma u stanicama s prirodnom koncentracijom motornih proteina te u stanicama koje imaju te koncentracije izmijenjene, koje će omogućiti eksperimentalna grupa profesorice Ive Tolić s Instituta Ruđer Bošković.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Proučavanje evolucije broja kromosoma u zdravim i tumorskim stanicama primjenom koncepta makrokariotipa	
<p>Jedno od osnovnih svojstava života je svojstvo reproducibilnosti koje se manifestira kroz podjelu stanice na dvije stanice kćeri. Uspješna podjela rezultira nasljeđivanjem genetskog materijala koji je jednak staničnim majci. Međutim, pri diobi može doći do nepravilne podjele kromosoma te tako nastaju stanice s neispravnim brojem kromosoma, odnosno aneuploidija. Takvo se stanje opaža kod većine tumorskih stanica te se ono ubrzava razvojem tumora. Stoga su otkrivanje podrijetla pogrešaka te njihov dugoročni učinak na stanice ključni za razumijevanje evolucije broja kromosoma u zdravim i tumorskim stanicama. Da bi se razumjeli mehanizmi koji dovode do velike učestalosti pogrešaka, student/studentica će razviti model zasnovan na makrokariotipu. Planiraju se koristiti dva pristupa, stohastičke simulacije te sustav običnih diferencijalnih jednadžbi u granici srednjeg polja. Model će opisati poznate procese do kojih dolazi prilikom diobe, kao što su pogreške u raspodjeli kromosoma koje mogu biti posljedica pojedinačnih gubitaka kromosoma ili formiranja višepolarnih diobenih vretena, brzina podjele stanica te stanična smrt. Model bi nam trebao omogućiti predviđanje evolucije kariotipa, dok bismo u usporedbi s eksperimentalnim rezultatima trebali dobiti uvid u najvažnije mehanizme u nastanku aneuploidnih kariotipa.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Istraživanje utjecaja plastične deformacije na binarne teluride	
<p>Teluridi olova i kositra (PbTe, SnTe) su poznati kao materijali s izvrsnim termoelektričnim svojstvima, no pokazuju i zanimljive niskotemperaturne pojave poput nekonvencionalne supravodljivosti. U ovom radu će se istraživati utjecaj ireverzibilne, plastične deformacije kristala telurida na njihova strukturna i elektronska svojstva. Plastična deformacija uzrokuje stvaranje i samo-organizaciju dislokacija, uz značajna lokalna mehanička naprezanja kristalne rešetke. Primarna eksperimentalna tehnika će biti nuklearna magnetska rezonancija, koja će omogućiti detaljni uvid u elektronsku fiziku i njene promjene u deformiranim uzorcima na nano-skali.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Istraživanje lokalne strukture kompleksnih oksida titana i tantala metodom Larmorove precesije neutrona	
Kompleksni oksidi titana i tantala (SrTiO ₃ , KTaO ₃) poznati su kao kvantni paraelektrici - materijali u kojima je dugodosežno feroelektrično uređenje izbjegnuto radi kvantnih fluktuacija na niskim temperaturama. Usprkos intenzivnim istraživačkim aktivnostima, priroda feroelektričnih korelacija u ovim materijalima nije razjašnjena. U ovom radu će se za proučavanje lokalne strukture koristiti tehnika Larmorove precesije neutrona, u kojoj se neutronske spin koristi za obilježavanje faze neutrona pri difrakciji, što vodi na iznimno visoku rezoluciju u mjerenjima strukturnih korelacijskih funkcija. Eksperimenti će biti provedeni na postrojenju HFIR (High Flux Isotope Reactor, Oak Ridge National Laboratory, SAD), te očekujemo da će pružiti nove uvide u feroelektrične fluktuacije, utjecaj kristalnih dislokacija, te mogućnost pojave vezanih stanja elektrona i vibracija rešetke u SrTiO ₃ dopiranom mobilnim nosiocima naboja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Marin Petrović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Sinteza i karakterizacija dvodimenzionalnih izolatora i metala	
Istraživanje novih materijala je ključno za razvoj novih i naprednijih tehnologija. U fokusu znanstvene zajednice se trenutno nalaze i tzv. dvodimenzionalni (2D) materijali, odnosno materijali koji imaju debljinu od svega nekoliko atoma budući da se njihove kristalne rešetke prostiru u samo dvije dimenzije. Mnoga zanimljiva fizikalna svojstva tih materijala čine osnovu za različite potencijalne primjene koje su često motiv za znanstvena istraživanja. Imperativ i za temeljna i primijenjena istraživanja je sinteza kvalitetnih kristala, i to po mogućnosti na velikim skalama i s niskim troškovima proizvodnje. U sklopu ovog diplomskog rada, provoditi će se sinteza i karakterizacija 2D materijala temeljenih na boru, poput heksagonalnog borovog nitrida (2D izolator) i borofena (2D metal), i to na metalnim podlogama od tehnološkog značaja kao što su bakar i nikal. Sintezu će se provoditi u vakuumu metodom kemijske depozicije para (chemical vapor deposition, CVD), dok će se za strukturnu karakterizaciju koristiti mikroskop atomskih sila (atomic force microscope, AFM), pretražni elektronski mikroskop (scanning electron microscope, SEM) i nisko-energetska elektronska difrakcija (low energy electron diffraction, LEED). Glavni cilj rada je dobivanje velikih i strukturno kvalitetnih uzoraka 2D materijala na jeftinim metalnim podlogama, pogodnih za daljnju manipulaciju i korištenje u kompleksnijim (nano)strukturama. Kroz izradu diplomskog rada student/ica će steći znanja iz fizike kondenzirane materije, površinske fizike i relevantnih eksperimentalnih metoda.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Analiza rezultata konceptualnih zadataka na ispitima državne mature iz fizike	
Razvoj konceptualnog razumijevanja sadržaja fizike jedan je od važnih ciljeva školske nastave fizike, no on se često ne provjerava dostatno u sklopu redovite nastave fizike. Ispit državne mature iz fizike sadrži svake godine 24 zadatka višestrukog izbora, među kojima je i velik broj konceptualnih zadataka iz raznih područja fizike. Državna matura iz fizike provodi se u Republici Hrvatskoj od 2010. godine do danas i pristupa joj nekoliko tisuća maturanata svake godine. Stoga je ona i prilika da se uoči i analiziraju neke učeničke poteškoće s nastavnim sadržajima iz fizike na većoj skali. Ovaj bi se diplomski rad fokusirao na analizu konceptualnih zadataka iz provedenih i objavljenih ispita državne mature iz fizike kroz dostupne podatke o riješenosti tih zadataka kroz više godina. Analizirali bi se učenički odgovori na konceptualna pitanja za svako od pet ispitivanih područja fizike na državnoj maturi (Mehanika, Termodinamika, Elektricitet i magnetizam, Titranje, valovi i optika, Moderna fizika). Pokušalo bi se kroz uzorke odgovora steći uvid u prisutnost i zastupljenost učeničkih konceptualnih poteškoća vezanih uz ta područja te evaluirati implikacije rezultata za srednjoškolsku nastavu fizike.	
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
Dinamika gibanja širokih novčića i vjerojatnost pada na rub	
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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

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

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

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Supravodljivost i primjene	
Tema ovog diplomskog rada iz fizike čvrstog stanja je upoznati se s osnovnim aspektima supravodljivosti, od fenomenoloških činjenica preko osnova BCS teorije pa do najvažnijih aspekata tehnološke primjene. Od studenta se očekuje da istraživanjem literature i mrežnih baza podataka napravi pregled najvažnijih eksperimentalno opaženih pojava vezanih uz supravodljivost, počevši od otkrića iste pa do danas. Nadalje, student treba proučiti temeljne principe na kojima se fenomen supravodljivosti zasniva: pojava privlačne elektron-elektron interakcije izmjenom fonona, formiranje Cooperovih parova u prisustvu Fermijevog mora, konstrukcija BCS valne funkcije i dijagonalizacija hamiltonijana u okviru aproksimacije srednjeg polja. Na poslijetku, valja dati osvrt na pojave temeljene na fenomenu supravodljivosti, npr. Josephsonov efekt, Andrejevleva refleksija itd. i u svjetlu ovih na najvažnije aspekte njezine tehnološke primjene.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike	

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

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

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

Voditelj: dr. sc. Jan Rosseel	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Carroll field theory and supersymmetry	
<p>The Carroll group corresponds to the contraction of the Poincare group that can be physically interpreted as its ultra-relativistic limit in which the speed of light tends to zero. It corresponds to the kinematic symmetry group of null hypersurfaces. In this context, it has been conjectured to play an important role in attempts to give a holographic description of aspects of quantum gravity around flat space-time in terms of quantum field theory at null infinity. Little is known about Carroll invariant quantum field theory and the aim of the thesis would be to study some of its elementary aspects. In particular, in the thesis the student will study free field theories that can be obtained as infinite speed of light limits of relativistic ones and how their elementary particle excitations fit into the known representation theory of the Carroll group. Based on this, the student will also investigate how Carroll invariant supersymmetric field theories can be constructed and explore some of their elementary properties.</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-Nordstromove crne rupe	
<p>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 jednadžbi. 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.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zdravko Siketić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Razvoj konfokalnog mikroskopa za optičku karakterizaciju kreiranih NV kolor centara u dijamantu	
<p>Jedna od tehnologija koja ima potencijalnu primjenu u razvoju kvantnih računala i senzora jest implantacija pojedinačnih iona, sa ciljem formiranja kvantnih optičkih centara u materijalima kao što je npr. dijamant, silicij i silicij karbid. U Laboratoriju za interakcije ionskih snopova (LIIS) IRB-a se već niz godina radi implantacija iona različitih vrsta, energija i doza, u suradnji s partnerima sa Sveučilišta u Torinu, u svrhu kreiranja aktivnih kolor centara. Kako bi omogućili provjeru učinkovitosti stvaranja kvantnih kolor centara planira se razviti konfokalni mikroskop za optičku karakterizaciju, a koji bi bio napravljen u sklopu diplomskog rada. Program rada diplomanda bi uključivao detaljno razumijevanje elektronskih stanja NV- centara u dijamantu (proučavanje literature), te dizajn, slaganje i optimizaciju optičkih elemenata konfokalnog mikroskopa za što efikasnije prikupljanje emitiranog svjetla prilikom pobude laserom. Uz to, diplomand će implantirati dušik u dijamant sa ciljem stvaranja NV- centara (eksperiment će se provoditi na ionskoj mikroprobi LIIS-a), te će koristiti razvijeni konfokalni mikroskop za optičku karakterizaciju.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Skenderović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Izrada računalno generiranih holograma pomoću femtosekundnog lasera	
<p>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)]</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Upotreba računalnog programa Tracker u izvođenju pokusa u nastavi fizike

Nastava fizike nezamisliva je bez izvođenja pokusa. Zbog financijskih poteškoća kabineti fizike po školama većinom su neadekvatno opremljeni i time je onemogućeno izvođenje pokusa koji su temelj edukacije fizike. U takvoj situaciji od velike pomoći su računalni programi koji zahtijevaju skromne resurse - računalo prosječnih performansi i uređaj za video snimanje (npr. mobilni telefon koji danas posjeduje svaki učenik), a jedini ograničavajući faktor u izvedbi i analizi pokusa je mašta učenika i nastavnika. Tracker je besplatni računalni paket za analizu slike i videa, te alat za modeliranje izrađen na platformi Java (Open Source Physics Java code library). Tracker omogućava praćenje objekata i grafički prikaz položaja, brzine i ubrzanja. U sebi uključuje filtere s posebnim efektima, višestruke referentne sustave, kalibracijske točke, ali i mogućnost analize profila raznih spektralnih linija i interferencijskih slika. Osmišljen je za upotrebu u nastavi fizike u osnovnim i srednjim školama, ali i uvodnim kolegijima fizike na fakultetima. Tracker omogućava kreiranje jednostavnih dinamičkih modela čestica na video isječku. U tipičnom eksperimentu video modeliranja učenici snimaju pokus (npr. slobodni pad, kosi hitac, sudare dva i više tijela), učitavaju snimku u Tracker, kalibriraju mjerilo i definiraju odgovarajuće koordinatne osi, baš kao u tradicionalnoj video analizi. Ali umjesto praćenja položaja/gibanja objekata mišem studenti sami definiraju teorijske sile koje djeluju u pokusu, kao i početne uvjete za simulaciju dinamičkog modela koji se sinkronizira s videozapisom i automatski iscrtava na ekranu. Ponašanje modela se tako izravno uspoređuje s ponašanjem gibanja u stvarnom svijetu te se na taj način potvrđuje/opovrgava hipotetski model. Tracker koristi biblioteku otvorenog koda (Open Source Physics) tako da je moguća izrada vrlo sofisticiranih modela. Na ovaj način moguće je izvođenje i analiza raznih pokusa iz mehanike i molekulske-atomske fizike uz zanemarive financijske troškove. U okviru diplomskog rada će se detaljno opisati rad programa Tracker te primijeniti na nizu pokusa prikladnih za nastavu fizike u osnovnim i srednjim školama (kocka i kotrljajuća kugla na kosini, sustav dva tijela na koloturi, utjecaj rotacije košarkaške lopte (spina) prilikom odbijanja od podloge, veza između linearne i kutne brzine kotrljajućeg valjka na kosini, harmonijsko gibanje, zakon očuvanja energije i količine gibanja prilikom sudara dva i više tijela, Newtonovi kolobari, fluorescencija, spektroskopija, i slični). Literatura: 1. <https://physlets.org/tracker/> 2. <https://www.compadre.org/osp/>? 3. <https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11475> 4. Teaching Astronomy Using Tracker, Belloni, M; Christian, W and Brown, D; Physics teacher, 2013, 51 (3), pp.149-151. 5. Rectilinear movement and functions through the analysis of videos with Tracker, Castaneda, A; Physics teacher, 2019, 57 (7), pp. 506-507.

Tema je za smjer(ove)

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike

Magistar edukacije fizike i kemije

Magistar edukacije fizike i tehnike

Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)

Rendgenski difraktometar kao mikroskop – određivanje veličine i oblika kristalita nevidljivih mikroskopu

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-Hallove 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. Literatura: 1. Ž. Skoko, J. Popović, K. Dekanić, V. Kolbas, S. Popović, J. Appl. Cryst. 45 (2012) 594–597. 2. Ž. Skoko, J. Popović, K. Dekanić, Journal of Physics and Chemistry of Solids 80 (2015) 34–38 3. B.E. Warren, X-Ray Diffraction, Addison-Wesley, New York, 1969.

Tema je za smjer(ove)

Magistar fizike

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike

Magistar edukacije fizike i kemije

Magistar edukacije fizike i tehnike

Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. 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 uočnjavanje 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. Literatura: 1. https://www.icdd.com/assets/ppxrd/presentations/13/PPXRD-13-Dinnebier-WS.pdf 2. Madsen, I.C. and Scarlett, N.V.Y. (2008) Quantitative Phase Analysis Chapter 11 in Powder Diffraction: Theory and Practice Editors: Dinnebier, R. & Billinge, S.; RSC, 582 pages 3. Madsen, I.C., Scarlett, N.V.Y. and Kern, A. (2011) Description and survey of methodologies for the determination of amorphous content via X-ray powder diffraction; Z. Krist., 226, 944-955 4. Kern, A., Madsen, I.C. and Scarlett, N.V.Y. (2012) Quantifying amorphous phases. Uniting Electron Crystallography and Powder Diffraction. Editors: Kolb, U., Shankland, K., Meshi, L., Avilov, A. & David, W. Springer, 434 pages 5. Rietveld, H. M. (1967) Line profiles of neutron powder-diffraction peaks for structure refinement; Acta Cryst., 22, 151-152</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Modeliranje mase zbijenog tijela u središtu Mliječnoga puta	
U radu će se izračunati masa zbijenog tijela (supermasivne crne rupe) u središtu Mliječnoga puta raznim metodama (Keplerovo gibanje, disperzija brzina, Plummerov potencijal).	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Svojstva radiogalaksije u polju COSMOS na crvenom pomaku $z \sim 1$	
U radu će se istražiti svojstva radiogalaksije u polju COSMOS na velikome crvenome pomaku, koristeći podatke skupljene teleskopima preko cijelog elektromagnetskog spektra.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Istraživanje okruženja radiogalaksije na crvenom pomaku $z=0,35$ u polju COSMOS	
U radu će se istražiti svojstva i okruženje galaksije 10 918 u polju COSMOS, koristeći podatke skupljene teleskopima preko cijelog elektromagnetskog spektra.	
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. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Gravitacijsko zračenje	
Masivna astrofizička tijela u gibanju općenito su izvor gravitacijskih valova, putujućih deformacija gravitacijskog polja. Postojanje gravitacijskih valova predvidio je još Albert Einstein 1916. godine, ali njihovo bolje teorijsko razumijevanje sazrelo je tek 50 godina kasnije (potaknuto Trautmanovom analizom energije gravitacijskog zračenja), a direktno opažanje je ostvareno tek stotinu godina kasnije, unutar međunarodne kolaboracije LIGO, uz pomoć preciznih interferometrijskih uređaja. U ovom radu bi bio dan pregled teorijskog tretmana gravitacijskog zračenja, problema odboja i samosile zračećih točkastih tijela, te analize izračene energije u prostoru vremenu.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Sjene crnih rupa	
Crnu rupu ne možemo vidjeti izravno, s obzirom da je riječ o kauzalno odvojenom dijelu prostora vremena. Međutim, u njejoj okolini i na vizualnoj pozadini postoji mnoštvo različitih izvora elektromagnetskog zračenja. Fotoni na putu do opažачkih uređaja slijede linije svjetlosnih geodezika, zakrivljene u gravitacijskom polju crne rupe, i ocrtavaju specifičan vizualni profil, poznat kao sjena crne rupe. Prva detaljnija opažanja sjena crnih rupa obavljena su unutar međunarodne kolaboracije "Event Horizon Telescope", uz spektakularne "fotografije" supermasivnih crnih rupa u našoj galaksiji i galaksiji M87. U ovom radu bi bio dan pregled teorijskih modela i metoda s kojima proučavamo sjene crnih rupa.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Neven Šantić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Eksperimentalni postav za lasersko hlađenje atoma stroncija	
U posljednjem desetljeću stroncij se pojavio kao ključni element u širokom nizu najsuvremenijih kvantnih tehnologija temeljenih na hladnim atomima. Ove tehnologije obuhvaćaju optičke atomske satove s rekordnom preciznošću, jednofotonski atomski interferometri, kvantni simulatori i kvantna računala s neutralnim atomima. Povoljna elektronska struktura stroncija čini ga posebno prikladnim za ove primjene. Cilj ovog diplomskog rada je opis i sudjelovanje u izgradnji i karakterizaciji različitih dijelova eksperimentalnog postava za hlađenje atoma stroncija. Ovaj postav uključuje dva lasera za hlađenje i dva "repumper" lasera, vakuumski sustav i zavojnice za generiranje magnetski polja. Spomenute lasere je potrebno stabilizirati. Plavi laser na spektroskopiju transferom modulacije, a ostale lasere faznim zaključavanjem na frekventni češalj koji je stabiliziran na rezonantnu šupljinu visoke finese.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Neven Šantić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Simultana disperzivna interakcija više linija frekventnog češlja s hladnim atomskim oblakom	
Optomehnički sustavi s optičkom šupljinom i jednim atomom ili s hladnim atomskim ansamblom koriste se za demonstraciju brojnih fenomena, među kojima su hlađenje unutar optičke šupljine, samoorganiziranje atoma u pravilne strukture, stiskanje spina i superradijativno laseriranje. Cilj ovog diplomskog rada je proučiti linearni disperzivni režim interakcije atoma s optičkim frekventnim češljem u optičkoj šupljini. Ovaj režim interakcije optičkim šupljinama do sada je proučavan samo pomoću jednog ili nekoliko redaka kontinuiranog lasera simultano. Velika prednost optičkog frekventnog češlja je što se efektivno sastoji od stotine tisuća fazno zaključanih kontinuiranih lasera zbog čega ima potencijal za značajno poboljšati kvantne računalne procese, kao i omogućiti hlađenje atoma pomoću optičke šupljine u ekstremno ultraljubičastom području spektra gdje su trenutno dostupni samo izvori pulsirajućeg zračenja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Ovisnost električne otpornosti o temperaturi i magnetskom polju	
Električna otpornost je važno svojstvo materijala, pomoću kojeg se mogu odrediti važne karakteristike materijala (radi li se o izolatoru, poluvodiču ili vodiču, može se odrediti čistoća, i.t.d.). U tu svrhu se mjeri kako električna otpornost ovisi o temperaturi. Osim toga, na električnu otpornost može utjecati i primjena vanjskog magnetskog polja, kod nekih materijala će se otpornost uslijed primjene polja povećati, a kod nekih smanjiti. U ovom radu se predviđa eksperimentalno istraživanje promjene električne otpornosti s temperaturom i magnetskom poljem kod odabranih materijala, te će se student pritom upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenja magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Supravodljivost u specijalno proizvedenim nanostrukturama	
Supravodljivost je jedan od najzanimljivijih i najistraživanijih fenomena u fizici čvrstog stanja. U sklopu ove teme predviđena su istraživanja nastanka supravodljivosti u perkolacijskom sustavu. Perkolacija je model neuređenog fizikalnog sustava, recimo mreža nasumično raspoređenih vodiča i supravodiča. Ovisno o vjerojatnosti pojavljivanja jednih i drugih, postoji granica iznad koje će čitav sustav biti supravodljiv. U sklopu ove teme su predviđena istraživanja elektronskih transportnih i magnetotransportnih svojstava specijalno proizvedenih nanostrukture s nasumično raspoređenim supravodljivim nanočesticama, koje će se proučavati na niskim temperaturama do 0.3 K i u jakim magnetskim poljima do 16 T. Studenti će se u ovom radu upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenje magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike Magistar edukacije fizike i kemije (novi program)	

Voditelj: Doc. dr. sc. Neven Tomičić	Institucija: pmf
Utjecaj gustog molekularnog plina na formiranje zvijezda u neobičnoj galaksiji NGC 2276	
Galaksije su jedni od najvećih objekata u svemiru, u kojem galaktički međuzvjezdani medij izravno utječe na razvoj zvjezdanih populacija galaksija. Molekularni plin je komponenta međuzvjezdanog medija koji igra ulogu goriva iz kojeg se stvaraju nove zvijezde. U galaktičkoj astrofizici, molekularni plin se može promatrati iz emisije CO molekule difuznog molekularnog plina, ili iz emisije gustog molekularnog plina težih molekula HNC, HCO ⁺ , HCN, 13CO. Mjerenjem udjela gustog molekularnog plina naspram cijelog molekularnog plina ima utjecaj na efikasnost pretvorbe plina u zvjezdana jata. Ovim diplomskim radom se namjerava mjeriti emisijske linije gustog, molekularnog plina u neobičnoj galaksiji NGC 2276, te usporedba sa emisijom CO i ioniziranog plina. Galaksija NGC 2276 je rijedak primjer galaksije na koju utječu i plimna gravitacijska sila i tlak otpora u isto vrijeme, što uzrokuje asimetričnu distribuciju mladih zvijezda. Cilj diplomskog rada jest određivanje utjecaja različitog omjera gustog i difuznog molekularnog plina na efikasnost formiranja zvijezda, te utjecaja plimne sile i sila otpora na distribuciju komponenti molekularnog plina. Diplomski student će u ovom radu koristiti pod-milimetarske, radio spektre galaksije u cilju mjerenja amplituda emisijskih linija spektra. Zatim će mapirati omjere različitih linija kroz galaksiju s ciljem usporedbe s mapama brzine i efikasnosti formiranja mladih zvijezda. Tijekom izrade diplomskog rada, student će usvojiti znanje interpretacije mapa molekularnog i ioniziranog plina u galaksijama, znanje tehnika prilagodbe i mjerenje emisijskih linija, analizu podataka, te znanje pisanja znanstvenog rada.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Neven Tomičić	Institucija: pmf
Emisijske linije i karakteristike ioniziranog plina u neobičnoj galaksiji NGC 2276	
Galaksije su jedni od najvećih objekata u svemiru, u kojem galaktički međuzvjezdani medij izravno utječe na razvoj zvjezdanih populacija galaksija. Ionizirani plin u galaksijama je jedan od važnijih sastavnica međuzvjezdanog medija. Emisijske linije različitih valnih duljina tog plina ukazuju na utjecaj raznih fizikalnih procesa na evoluciju galaksija i na njihov kemijski sastav. Omjerom različitih emisijskih linija se mogu odrediti izvor ionizacije plina, gustoća i kemijski sastav plina, te brzina stvaranja mladih zvijezda. Ovim diplomskim radom se namjerava mapirati emisijske linije i karakteristika ioniziranog plina u neobičnoj galaksiji NGC 2276. Galaksija NGC 2276 je rijedak primjer galaksije na koju utječu i plimna gravitacijska sila i tlak otpora u isto vrijeme, što uzrokuje asimetričnu distribuciju mladih zvijezda. Diplomski student će u ovom radu koristiti optičke spektre galaksije (Spektroskopija Integralnog Polja) u cilju mjerenja amplituda emisijskih linija spektra. Zatim će mapirati omjere različitih linija kroz galaksiju s ciljem mapiranja različitih fizikalnih veličina i karakteristika ioniziranog plina kroz galaksiju. Tijekom izrade diplomskog rada, student će usvojiti znanje interpretacije optičkih 3D spektara galaksija, tehnika prilagodbe i mjerenje emisijskih linija, analizu podataka, te znanje pisanja znanstvenog rada.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Silvije Vdović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Mihael Srđan Grbić	Institucija: pmf
Određivanje jakosti elektron-fonon vezanja u 2D materijalima temperaturno ovisnim mjerenjima ultrabrze tranzijentne 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 usvojiti 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 u dva tipa 2D materijala iz porodice dihalogenida prijelaznih metala: MoS ₂ i WS ₂ .	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Silvije Vdović	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Određivanje ultrabrze dinamike fotopobuđenih nosilaca naboja poluvodičkih tankih slojeva dihalogenida i oksinitrida prijelaznih metala	
Mjerenjem ultrabrze tranzijentne promjene apsorpcije i/ili refleksivnosti tankih slojeva poluvodičkih materijala poput dihalogenida i oksinitrida prijelaznih metala moguće je odrediti vremena života fotopobuđenih nosioca naboja kao i vremensku dinamiku procesa poput termalizacije nositelja naboja, dinamike ekscitona, renormalizacije elektronskih stanja i energetskog procjepa. Mjerenje refleksivnosti je u slučajevima kada su uzorci neprozirni ili je moguće pobuđenje podloge preferirana metoda ultrabrze spektroskopije. Dodatno, na taj se način smanjuje mogućnost opažanja koherentnih artefakata u vremenima kada su pumpni i probni puls preklapljeni u vremenu. Cilj ovog diplomskog rada je upoznati se s osnovama eksperimentalne femtosekundne laserske spektroskopije s primjenom na određivanje dinamike fotopobuđenih procesa u navedenim poluvodičkim materijalima. Tijekom izrade diplomskog rada usvojiti će se osnovna znanja o međudjelovanju ultrakratkih laserskih pulseva lasera i materije, kao i niz praktičnih znanja povezanih uz analizu podataka, optimizaciju eksperimentalnog postava, te uz kontrolu i upravljanje eksperimentom.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

Voditelj: dr. sc. Nataša Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Marinko Jablan	Institucija: pmf
Postav za stvaranje bijele svjetlosti i njegova karakterizacija	
<p>Istraživanje vremenske dinamike važno je za razumijevanje fizikalnih i kemijskih procesa koji se dešavaju u materijalima nakon međudjelovanja sa svjetlošću. U tu svrhu, na Institutu za fiziku razvijamo optičke tehnike kojima je moguće pratiti vremensku dinamiku procesa na vremenskim skalama kraćim od nekoliko pikosekundi (tzv. pump-probe tehnike). U tu svrhu koristimo femtosekundne (fs) laserske sustave – lasere koji emitiraju laserske pulseve čije je trajanje reda veličine 100 fs. Tehnika koju planiramo razviti je i tehnika tranzijentne apsorpcije (TA) s mogućnošću prostorne razlučivosti koja bi nam omogućila istraživanje uzoraka na mikrometarskoj skali. TA je pump-probe tehnika u kojoj se detektiraju promjene u apsorpciji proučavanog sustava s vremenskom i spektralnom razlučivošću. Tranzijentna apsorpcija koristi jednu fs lasersku zraku stalne valne duljine kao pumpu, a kao probnu zraku koristi širokopojasnu probu – bijelu svjetlost. Generacija bijele svjetlosti je nelinearni proces za koji je potreban fs laser visoke snage i nelinearni prozirni medij, kao što je npr. kristal safira (Al₂O₃). Stvaranje bijele svjetlosti posljedica je samofokusiranja lasera zbog nelinearnog indekasa 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. Nataša Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Utjecaj dopiranja na Ramanove spektre HfS₂	
<p>Poluvodički materijali iz obitelji dihalogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs) privlače pozornost i veliki interes istraživačke zajednice zbog svojih jedinstvenih fizikalnih svojstava poput postojanja direktnog energetskog procjepa u blizini vidljivog i infracrvenog dijela spektra, zbog čega mogu prilično efikasno apsorbirati i emitirati svjetlost. Dvodimenzionalni (2D) TMDs materijali mogu se prikazati općenitom formulom MX₂, pri čemu M predstavlja neki od prijelaznih metala, a X jedan od elemenata iz porodice halogenida (S, Se, Te, itd.). Do sada, poluvodički TMD-ovi iz grupe IVB (Ti, Zr, Hf) nisu istraživani toliko koliko njihovi pandani iz grupe VIB (Mo, W). Budući da je teorijski predviđeno da bi monoslojevi Zr i Hf TMD-ova mogli pokazati veću pokretljivost od onih iz grupe VIB, interesantni su za primjenu u FET-ovima i fototransistorima. Izračunate pokretljivosti pri sobnoj temperaturi ograničene akustičkim fononima mogu biti $\approx 1830 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, što je znatno više od MoS₂ ($\approx 400 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$). Teorijski računi također pokazuju da FET-ovi na bazi HfS₂ mogu imati gustoće struje do $650 \mu\text{A } \mu\text{m}^{-1}$ (≈ 85 puta veće od MoS₂), što je privlačno za primjenu uređaja niske potrošnje energije. Nedavno je pokazano da izrađeni FET-ovi s nekoliko slojeva HfS₂ imaju visoke vrijednosti Id i pokretljivost. Također, tranzistori izrađeni s eksfoliranim monoslojem HfS₂ pokazuju visoki ON/OFF omjer te dobre elektroničke performanse koje se mogu koristiti u budućim elektroničkim krugovima koji zahtijevaju nisku potrošnju energije. Želimo istražiti utjecaj elektronskog dopiranja na frekvencije i širenje linija Ramanovog spektra HfS₂ za in-plane i out-of-plane Ramanove modove, a koristit ćemo polarizacijski osjetljivu Ramanovu spektroskopiju. Za visoke koncentracije dopiranja očekujemo dobivanje dopirane inducirane Fano rezonancije. Kvantitativno razumijevanje eksperimentalnih rezultata pružit će teorijski proračuni koji će pružiti informacije o elektron-fonon spoju (EPC) in-plane i out-of-plane vibracijskih modova te njihovoj varijaciji s dopiranjem i brojem slojeva. Student/studentica bi se upoznao/upoznala s tehnikama optičke karakterizacije 2D materijala koje su nam dostupne na Institutu za fiziku (konfokalni Ramanov mikroskop) kako bismo istražili optički odziv ovog 2D materijala koji ima potencijal za primjenu u (opto)elektronici.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

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

Voditelj: dr. sc. Vinko Zlatić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	Institucija: pmf
Učenje neuralnih mreža za prepoznavanje dinamike sustava	
<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, dinamičkih 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 input layer. 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. Vinko Zlatić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	Institucija: pmf
Proširenje aproksimativne master jednadžbe na ne-binarnu stohastičke procese	
<p>Postoji niz metoda za aproksimaciju stohastičkih procesa na mrežnim modelima kao što su, na primjer: aproksimacije za procese binarnog stanja koji uključuju srednje polje, parnu aproksimaciju i približnu glavnu jednadžbu (approximate master equation). Iako ove metode dobro funkcioniraju u nekim slučajevima, njihov ozbiljan nedostatak je rukovanje pogreškama u procjeni parametara i stanja i činjenica da su ograničene na relativno jednostavne modele mreže, kao i relativno jednostavne modele dinamike s malim, najčešće binarnim brojem stanja (recimo spin može biti gore ili dole). U ovom diplomskom, pokušat ćemo proširiti AME na slučajeve ne-binarnu dinamiku i ponovno kroz simulacije pokazati da naša aproksimacija dobro odgovara simuliranim procesima. Od kandidata se očekuje čitanje tri rada, te prilagođavanje računa iz jednog od ta tri rada na kompliciraniji ne-binarni sustav. Broj jednadžbi koje će se morati riješiti raste linearno s brojem stanja, te ne bi trebale predstavljati poseban problem. Posebno talentiran kandidat bi pokušao proširiti AME na simulaciju procesa s beskonačnim brojem stanja. Ovaj limit kontinuuma moglo bi se postići za jednostavne, glatke stope prijelaza, tretiranjem stanja kao slučajnih varijabli izvedenih iz neke unaprijed definirane kontinuirane distribucije vjerojatnosti. Takvo proširenje moglo bi se primijeniti na modele sistemskog rizika, modele slučajne energije ili razne ekološke modele</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Metode zaglađivanja digitalnih signala	
Zaglađivanje signala (ili dijelova signala) sastavni je dio obrade elektroničkih signala iz modernih mjerenja eksperimentalne fizike, s ciljem smanjenja utjecaja elektroničkih šumova na kvalitetu mjerenih podataka. U slučaju digitaliziranih (računalno pohranjenih) signala primjenjuju se matematički algoritmi koji se svode na različite, više ili manje sofisticirane oblike "hodajućeg" uprosječivanja. U diplomskome radu istražiti ćemo različite vrste takvih uprosječivanja, od jednostavnog neotežanog, preko otežanog s filterima prikladnih matematičkih svojstava, pa do tzv. "hodajuće" prilagodbe podataka. Poseban naglasak bit će na računski učinkovitim implementacijama takvih algoritama, pri čemu će student imati priliku istražiti i primijeniti neke od slavni algoritama poput brzog Fourierovog transformata, Savitzky-Golay filtera i sl.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Metode prilagodbe rezolucijske funkcije neutronske snopa	
Rezolucijska funkcija bitno je svojstvo neutronske snopa s n_TOF (neutron time of flight) postrojenja u CERN-u. Ona se mora uzeti u obzir pri analizi eksperimentalnih podataka iz mjerenja rezonanci u udarnome presjeku različitih neutronske induciranih reakcija. Rezolucijska funkcija određuje se detaljnim simulacijama procesa proizvodnje neutrona te se njezina kvaliteta procjenjuje na temelju usporedbe s ograničenim eksperimentalnim podacima. Zbog izrazite računске složenosti tih simulacija, količina simuliranih podataka podložna je značajnim statističkim fluktuacijama te je potrebno prilagoditi te podatke na zaglađenu formu. U suprotnome, izrazite statističke nepouzdanosti simuliranih rezultata propagirale bi se u analizu eksperimentalnih podataka. Sama rezolucijska funkcija je dvodimenzionalna, prekriva širok raspon (redove veličine) u relevantnim varijablama te pokazuje složen oblik koji se mjestimice brzo mijenja, i to u širokom rasponu vrijednosti. Stoga je teško odrediti primjerenu analitičku formu za njezinu prilagodbu. U ovome diplomskom radu istražiti će se alternativne metode njezina zaglađivanja, uključujući vrstu "hodajućeg" uprosječivanja te prilagodbu funkcije korištenjem neuralnih mreža. Cilj je zaključiti mogu li takve metode dosegnuti kvalitetu potrebnu za obradu eksperimentalnih podataka s n_TOF postrojenja.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

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