

Odobrene teme za ak. godinu 2021/2022

Voditelj: doc. dr. sc. Damir Aumiler	Institucija: ifs
Suvoditelj: doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Lasersko hlađenje frekventnim češljem ispod Dopplerove granice	
<p>Razvoj tehnike laserskog hlađenja prije tri desetljeća započeo je revoluciju u atomskoj i molekularnoj fizici te omogućio eksperimente koji nam pomažu bolje razumjeti kvantni svijet. Korištenje kontinuiranih lasera za kontrolu temperature atoma evoluiralo je tijekom godina brzo pomičući granice znanstvenog razvoja kroz impresivne pothvate u području ultrahladnih atoma i novih kvantnih tehnologija. Ipak, unatoč značajnom napretku, preostaju važne praznine unutar područja, a jedna od najizraženijih je naša nemogućnost da laserski hladimo i zarobljavamo vodik, (gotovo sve) molekule te najrasprostranjenije atome organske kemije: ugljik, kisik i dušik. Primjena niza ultrakratkih laserskih pulseva (tj. frekventnog češlja) za lasersko hlađenje posljednjih je godina sve češće spominjan pristup za prevladavanje postojećih ograničenja. Grupa na Institutu za fiziku jedna je od pionira u primjeni frekventnog češlja za lasersko hlađenje atoma. U posljednjih nekoliko godina uspješno je demonstrirano lasersko hlađenje atoma rubidija pomoću frekventnog češlja, a nedavno i simultano hlađenje dva izotopa rubidija čime je dokazan potencijal frekventnog češlja za simultano hlađenje u više kanala. U kontekstu optimizacije procesa hlađenja frekventnim češljem nužno je detaljno poznavanje fizikalnih procesa relevantnih za pobudu atoma frekventnim češljem što podrazumijeva kvalitetne teorijske modele za opis međudjelovanja atoma i svjetlosti lasera. U sklopu diplomskog rada primijenit će se numerički modeli za opis međudjelovanja atoma s frekventnim češljem temeljeni na optičkim Blochovim jednadžbama te će se na temelju njih odrediti radijativna sila na atome. Teorijski će se istražiti lasersko hlađenje frekventnim češljem u 1D geometriji laserskih zraka, a razmotrit će se i utjecaj polarizacije laserskih zraka na hlađenje atoma s hiperfinom strukturom, tj. uvjeti analogni sub-Dopplerovom hlađenju atoma pomoću kontinuiranih lasera.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ticijana Ban	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Optička kvantna memorija temeljena na elektromagnetski induciranoj transparentnosti	
<p>Kvantna komunikacija temelji se na prijenosu kvantnih stanja na velike udaljenosti, a ključna je za buduće primjene kao što su kvantna kriptografija, kvantne mreže, kvantni internet. Za prijenos kvantnih stanja na velike udaljenosti upotrebljavaju se kvantni repetitori kojima se postiže sprezanje udaljenih kvantnih sustava. Kvantne memorije su temeljna komponenta kvantnih repetitora koje koriste atomske sustave za kontrolirano skladištenje i otpuštanje fotona. Jedna od najperspektivnijih platformi kvantnih memorija temelji se na procesu elektromagnetski inducirane transparentnosti (EIT) u plinovima alkalijskih atoma. Cilj ovog diplomskog rada je karakterizacija kvantne memorije temeljene na elektromagnetski-induciranoj transparentnosti u parama atoma rubidija. Pare atoma rubidija stvarati će se u staklenoj čeliji na temperaturama bliskim sobnoj temperaturi. EIT će se ostvariti upotrebom diodnog lasera kontinuirane emisije. Brojanje fotona vršit će se osjetljivim optičkim detektorima. Diplomski rad uključuje demonstraciju kvantne memorije, te mjerenje efikasnosti i vremena skladištenja fotona za različite eksperimentalne parametre kao što su temperatura atomske pare, snaga pumpnog i probnog lasera te oblik i trajanje optičkog pulsa. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će se znanja o koherentim efektima uzrokovanim međudjelovanjem lasera i atoma, kao i niz praktičnih znanja povezanih uz atomsku spektroskopiju, frekventnu stabilizaciju lasera, elektroniku te kontrolu i upravljane eksperimentom i analizu i obradu podataka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Slaven Barišić Osor	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. Dr. Sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Paralelizacija računanja Feynmanovih dijagrama na GPU platformi	
<p>Računanje jakih korelacija u mnogočestičnim sustavima veliki je izazov, zbog kojega je razvijen cijeli niz dijagramatskih tehnika. Naime, osim u nekim limitima, kada je moguće dobiti analitičke izraze, za istraživanje jakokoreliranih sustava potrebno se osloniti na numeričke pristupe, odnosno na kompjuterske kapacitete koji zbog složenosti problema i danas često predstavljaju usko grlo. Jedan od novih mogućih pristupa ovom problemu je razvijanje posebnih algoritama koji će moći iskoristiti prednosti modernog hardvera u paralelizaciji računalnog koda, odnosno iskoristiti prednosti pojedinih hardverskih arhitektura. Zadnjih godina poseban napredak u tom smislu je ostvaren na području grafičkih procesora (GPU), koji uz računalni kod prilagođen njihovoj specifičnoj arhitekturi mogu dramatično ubrzati izvođenje računa. Cilj ovog diplomskog rada bio bi optimizacija dijagramatske Monte Carlo metode za izvođenje na GPU platformi za nekoliko 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. Slaven Barišić Osor	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. Dr. Sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Fonon-plazmon vezanje u dvodimenzionalnim sustavima	
<p>Sinteza grafena početkom 21. stoljeća dovela je do naglog procvata fizike dvodimenzionalnih materijala. Nakon grafena, uspješno su sintetizirani i razni drugi dvodimenzionalni materijali od kojih posebno treba izdvojiti dihalogenide prijelaznih metala. Dvodimenzionalni dihalogenidi prijelaznih metala su pretežito poluvodiči, no kontroliranim dopiranjem elektrona (šupljina) mogu im se popunjavati i vodljive (valentne) vrpce. Ovisno o njihovom kemijskom sastavu, ti dihalogenidi mogu biti manje ili više polarizabilni, otvarajući mogućnost jakog međudjelovanja elektronskih i kristalnih (fononskih) stupnjeva slobode. U tom kontekstu, posebno je zanimljivo istražiti međudjelovanje kolektivnog elektronskog moda - plazmona i fonona u dvodimenzionalnim materijalima. Cilj ovog diplomskog rada bio bi detaljno analizirati fonon-plazmonsko vezanje kroz prizmu dielektrične i fononske spektralne funkcije u dvodimenzionalnim sustavima, kao što je to urađeno u [1] u trodimenzionalnom slučaju, u ovisnosti o jakosti elektron-fonon vezanja i elektronskoj koncentraciji. Za studente koji žele više, originalni problem se može proširiti na slučaj s dvije dopirane elektronske vrpce. Takve situacije se, naime, pokazuju relevantnima u realističnijem opisu fizikalnih svojstava određenih dihalogenida prijelaznih metala. [1] J. Krsnik and O. S. Barišić, Phenomenology of phonon-plasmon coupled excitations in three dimensional polar materials, arXiv:2112.07265.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Tanki filmovi odabranih materijala	
<p>Pulsna laserska depozicija (engl. PLD) jedna je od modernih tehnika za dobivanje tankih (epitaksijalnih) filmova raznih jednostavnih ili kompliciranih materijala/spojeva, a u današnje vrijeme često je povezana i s primijenjenim istraživanjima u elektroničkoj industriji. Cilj ovog rada je ustanovljavanje protokola za dobivanje tankih filmova jednostavnih (npr. bakar) ili kompliciranih 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	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	
Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Optimiziranje potrošnje vozila	
Jeste li ikad primijetili da automobil (npr. na autoputu) pri konstantnoj brzini troši više ako ide uzbrdo, tj. manje ako ide nizbrdo? Jeste li se onda pitali bi li se ukupna potrošnja mogla smanjiti usporavanjem (ubrzavanjem) na uzbrdici (nizbrdici)? Cilj ovog diplomskog ispita je odrediti kako vozač mora mijenjati brzinu vozila ovisno o uzbrdici/nizbrdici kako bi potrošio što je manje moguće goriva. Dobiveni rezultat bit će dodatno izračunat za realno vozilo i realni put na autocesti.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: prof. dr. sc. Danijel Belušić	Institucija: pmf
Suvoditelj: doc. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Integracija atmosferskih procesa i koncepata u redovitu nastavu fizike	
Atmosfera se ponaša kao idealni plin te je povezana sa širokim rasponom fizikalnih procesa iz više područja, kao što su hidrostatika, hidrodinamika, termodinamika, zračenje crnog tijela, elektromagnetizam i optika. Za svako od tih područja postoji niz primjera koji se mogu uvesti u redovitu nastavu fizike i prilagoditi nastavnom planu i programu. Neki od primjera uključuju objašnjenje nastanka oluja korištenjem znanja o adijabatskim procesima i jednadžbi stanja idealnog plina ili razumijevanje različitih komponenti zračenja u sustavu Sunce-Zemlja preko zakona zračenja crnog tijela i njihov utjecaj na klimu u prošlosti i budućnosti. U okviru predloženog rada student bi istražio i evidentirao niz koncepata i procesa u fizici atmosfere koji se mogu prilagoditi redovitoj nastavi fizike te izradio prijedloge implementacije u kurikulum 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: dr. sc. Ivančica Bogdanović Radović	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Primjena tehnika multivarijantne analize za analizu masenih spektara izmjerenih MeV SIMS metodom	
Sekundarna ionska masena spektrometrija (SIMS) korištenjem iona MeV-skih energija nova je analitička metoda koja se je u zadnjih nekoliko godina počela primjenjivati za analizu sastava i mikroskopsko mapiranje različitih vrsta organskih uzoraka. Za razliku od dosadašnjih analitičkih tehnika u kojima se koriste ioni MeV-skih energija (PIXE, EBS, ERDA, itd.) kojima se mogu odrediti koncentracije elemenata i/ili izotopa, MeV SIMS je prva metoda koja koristi za pobudu brze ione a daje nam informaciju o molekularnom sastavu ispitivanog uzorka. Također metodu karakterizira površinska osjetljivost jer se detektiraju molekule desorbirane sa same površine uzorka. Dobiveni maseni spektri i 2D distribucije intenziteta često su vrlo kompleksni te je za njihovu analizu potrebno koristiti tehnike multivarijantne analize kao što su analiza glavnih komponenta (Principal component analysis – PCA), grupiranje algoritmom k-srednjih vrijedosti (k-means clustering), t-SNE i druge. U ovom radu gore spomenute tehnike koristile bi se za analizu forenzičkih uzoraka koji bi se izmjerili MeV SIMS metodom a koji su vezani za autentičnost pisanih dokumenata. Ispitivanje starenja tinte i ukriženih poteza predstavlja izuzetno zahtjevno područje forenzične analize dokumenata a MeV SIMS je do sad pokazao da ima potencijal u rješavanju takvih slučajeva [1-3]. [1] M. Malloy, I. Bogdanović Radović, Z. Siketić, M. Jakšić, Forensic Chemistry 7 (2018) 75 [2] K.L. Moore, M. Barac, M. Brajković, M.J. Bailey, Z. Siketić, I. Bogdanović Radović, Analytical Chemistry 91 (2019) 12997 [3] M. Barac, A. Filko, Z. Siketić, M. Brajković, A. Ledić, I. Bogdanović Radović, Forensic Science International 331 (2022) 111136 Poveznica na CV: https://www.irb.hr/eng/About-RBI/People/Ivancica-Bogdanovic-Radovic	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Monte Carlo simulacije scintilacijskih detektora gama kamere u određivanju energijskih spektara fotona nuklearno medicinskih radionuklida

Poznavanje svojstava energijskih spektara radionuklida koji se rabe u nuklearnoj medicini (NM), zabilježenih uređajima poput gama kamere i scintilacijskih detektora za in-vitro studije, važno je u optimizaciji slikovnih postupaka poput istovremenog oslikavanja pomoću dva radionuklida u jednofotonskoj emisijskoj računalnoj tomografiji (engl. single photon emission computed tomography, SPECT) ili tehnikama korekcije raspršenih fotona koje popravljaju kvalitetu SPECT slika i njihovu kvantitativnu točnost. Dostupni MC simulacijski kodovi opće namjene su veoma popularni i često prihvatljiv izbor za korisnike u simuliranju različitih razmještaja izvora zračenja i scintilacijskih detektora. Važne su im značajke razvijenog korisničkog sučelja, lakog oblikovanja razmještaja detektora, izvora i drugih elemenata, provjerenih i točnih fizikalnih podataka poput udarnih presjeka međudjelovanja, mogućnosti uključivanja različitih aproksimacija i slično. Za neke primjene, ovi simulacijski kodovi su preopćeniti. Zbog toga su razvijani i MC kodovi za simulacije specifičnih slikovnih tehnika ili radioterapijskih problema. Upotrijebit će se javno dostupni MC kod SIMIND (verzija 6.2, 2020, Medical Radiation Physics, Department of Clinical Sciences, Lund, Lund University, Sweden) kojim je moguće simulirati bilježenje energijskog spektra fotona, željene raspodjele nuklearno medicinskih radionuklida (npr. Tc-99m, I-131, Tl-201 ili Lu-177), u detektoru gama kamere bez instaliranog kolimatora i s kolimatorom (intrinzično i ekstrinzično). Razmještaj izvora i detektora će u radu uključivati simulacije: a) točkastog izvora u zraku, b) točkastog i sfernog izvora u cilindričnom vodenom fantomu bez aktivnosti dodane u vodeni fantom (pozadinu) ili c) isto kao i pod b) uz različite koncentracije radionuklida dodane u vodeni fantom. Simulacije će omogućiti bilježenje i analizu cjelokupnih energijskih spektara, redova komptoni raspršenih fotona i njihovog doprinosa pojedinim energijskim prozorima, „razgovora“ energijskih prozora i sadržaja postraničnih energijskih prozora glavnomu, što je važno za oblikovanje korekcije raspršenog zračenja u planarnim i SPECT slikovnim nuklearno medicinskim tehnikama. Tema obrađuje niz fizikalno zanimljivih područja poput međudjelovanja fotona s materijom, rad scintilacijskih detektora, uporabu te analizu prednosti i ograničenja MC simulacija, i načela slikovnih tehnika i njihove uporabe za dobivanje kvantitativne informacije o apsolutnim aktivnostima prisutnim u oslikavanim volumenima. Opseg rada uključujući broj radionuklida i simulacijskih konfiguracija, te eventualna uporaba nekog drugog MC koda (npr. Electron Gamma Shower code, EGSnrc) ovisit će o brzini napredovanja u izradi rada.

Tema je za smjer(ove)

Magistar fizike

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike

Voditelj: doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Kalibracija radiokromskih filmova za dozimetriju kliničkih fotonskih snopova	
<p>Radiokromski film je standardni detektor ionizirajućeg zračenja koji se upotrebljava u apsolutnoj i relativnoj dozimetriji kliničkih fotonskih i elektronskih snopova. Sastoji se od jednostrukog ili dvostrukog sloja organskih monokristalnih monomera nanešenih na tanku poliestersku bazu. Filmovi su osjetljivi na ionizirajuće zračenje pod njegovim djelovanjem prolaze postupak polimerizacije koji u konačnici rezultira promjenom optičke gustoće filma. Upravo to svojstvo promjene optičke gustoće filma, odnosno transmisije svjetla, u ovisnosti o energiji i absorbiranoj dozi zračenja, predstavlja osnovu za njegovo korištenje kao dozimetra. Najveća promjena u optičkoj gustoći po ozračivanju se bilježi u crvenom kanalu vidljive svjetlosti ($\lambda = 633 \text{ nm}$). Radiokromski film se odlikuje debljinom od oko 1 mm, svojstvom ekvivalentnosti tkivu te mogućnošću mjerenja 2D raspodjela doze. To ga čini veoma važnim detektorom koji se koristi u dozimetriji kliničkih fotonskih i elektronskih snopova u terapiji i dijagnostici (radioterapija, radiokirurgija, dijagnostička i intervencijska radiologija, nuklearna medicina). U diplomskom radu eksperimentalno bi se odredila kalibracijska krivulja radiokromskog EBT3 filma za tri energije fotonskih snopova: 6 MV i 10 MV snopova linearnog akceleratora i 1.25 MeV snopova Leksellovog gama noža (Co-60). Postupak kalibracije proveo bi se prema referentnom dozimetrijskom detektoru, a to je ionizacijska komora uz uporabu tkivu ekvivalentnog fantoma. U postupku kalibracije radiokromskog filma, optička gustoća filma odredila bi se skeniranjem filma (određivanjem transmisije svjetla) u tri optička kanala (crveni, plavi i zeleni), pomoću standardnog optičkog skenera. Proučio bi se odziv filma u ovisnosti o absorbiranoj dozi, energiji snopa te u ovisnosti o pojedinim optičkim kanalima (crveni, plavi, zeleni) te bi se analitički, koristeći dvije različite metode, potisnuo šum koji je zbog nehomogenosti filma prisutan u mjerenom signalu. Odredila bi se analitička kalibracijska krivulja koja najbolje opisuje kalibracijske točke te bi se korištenjem kalibracijske krivulje odredila absorbirana doza za određene fotonske snopove i usporedila s mjerenjima dobivenim ionizacijskim komorama. Također bi se odredio i omjer signal-šum (engl. signal-to-noise ratio - SNR) za radiokromski film u različitim uvjetima mjerenja te bi se on usporedio sa SNR vrijednostima za ionizacijsku komoru i poluvodički detektor. Sva eksperimentalna mjerenja provela bi se u Klinici za onkologiju i Klinici za neurokirurgiju KBC-a Zagreb, na linearnom akceleratoru Elekta Agility i Leksellovom gama nožu, uz uporabu detektora koji su sastavni dio dozimetrijske opreme klinika (radiokromski film, tkivu ekvivalentni fantom, ionizacijske komore, poluvodički detektor). Tema tema diplomskog rada je aktualna u medicinskoj fizici, a student u njezinoj pripremi i obradi ponavlja znanja povezana s radioaktivnim raspadima, zatvorenim izvorima ionizirajućeg zračenja i radioterapijskim uređajima koji proizvode zračenje, međudjelovanja nabijenih i nenabijenih čestica s materijom, dozimetrijskim veličinama i jedinicama te se upozna s praktičnim radom detektora ionizirajućeg zračenja. Obrada dobivenih podataka mjerenja obuhvaća uporabu računala, prilagodbu postojećih računalnih alata i razvoj vlastitih za analizu mjernih rezultata te obradu digitalnih slika (skeniranih filmova).</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: izv. prof. dr. sc. Željka Bošnjak	Institucija: fer
Suvoditelj: prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Fourierova analiza svjetlosnih krivulja ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja opaženih sa Fermi satelitom	
<p>Ekstragalaktički bljeskovi gama-zračenja su kratki pulsevi (0.01 – 100 s) fotona energija $\sim 100 \text{ keV} - 1 \text{ MeV}$, koji se opažaju otprilike jednom dnevno sa satelitima u orbiti, npr. Fermi, Swift, ili INTEGRAL satelit. U nekoliko sekundi oslobađaju $\sim 10^{51} - 10^{53} \text{ erg}$, što ih čini najsjajnijim objektima u Svemiru. Svjetlosne krivulje ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja imaju iregularne vremenske profile i razlikuju se od jednog bljeska gama zračenja do drugog. Promjene se dešavaju na vremenskoj skali puno kraćoj od trajanja bljeska, i mogu biti čak kraće od milisekunde. Ova vremenska skala je jedno od glavnih ograničenja na teorijske modele za bljeskove gama zračenja. U radu bi se provela analiza spektralne gustoće snage (eng. power density spectrum) za svjetlosne krivulje bljeskova gama-zračenja opaženih Fermi satelitom. Budući da opaženo gama-zračenje potječe od sinhrotronske emisije elektrona ubrzanih u relativističkom mlazu, iz nagiba spectralne gustoće zračenja može se dobiti uvid u fluktuacije brzine i magnetskog polja u sredstvu u kojem je zračenje nastalo.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. Dr. Sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Detekcija prisutnosti i ponašanja ljudi u WiFi polju uz korištenje Machine Learning algoritama	
U okviru ove teme istražuje se utjecaj prisustva ljudi na WiFi elektromagnetsko polje. Cilj je izraditi machine learning algoritme koji mogu iz očitavanja signala WiFi polja u detektoru ili detektorima prepoznati prisutnost ljudi odnosno prepoznati njihovo ponašanje u WiFi polju.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Prof. Dr. Sc. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Kvantni algoritmi u primjeni	
U okviru diplomskog rada planira se proučavati nekoliko postojećih i poznatih kvantnih algoritama te istražiti njihova potencijalna primjena u realnom sektoru. Konkretno proučava se HHL algoritam, Shor i/ili Grover algoritam. Jedna od potencijalnih primjena je optimizacija parametara elektroenergetske mreže.	
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. Hrvoje Buljan	Institucija: pmf
Analiza zvučnih valova pomoću strojnog učenja	
U okviru diplomskog rada planira se analiza zvuka i zvučnih signala koristeći strojno učenje. Konkretno, istraživat će se da li je dovoljno koristiti detekciju intenziteta zvuka ili cijelu spektralnu analizu za raspoznavanje izvora zvuka (npr. čovjek vs. pas) strojnim učenjem.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Brane-world modeli i ograničenja pomoću opažanja Event Horizon Telescope-a	
U tzv. brane-world modelima gravitacija se nalazi u prostor-vremenu od N dimenzija a materija u njegovom n -dimenzionalnom (gdje $n < N$) podprostoru. Proučiti takve modele u literaturi (npr. u R. Maartens, K. Koyama, Living Rev. Relativity 13, (2010), 5, https://arxiv.org/abs/1004.3962) te ograničenja na te modele koja se mogu dobiti eksperimentalno. Posebno opisati ograničenja koja dolaze iz rezultata opažanja Event Horizon Telescope-a. Literatura: S. Vagnozzi, L. Visinelli, Phys. Rev. D 100, 024020, (2019), https://arxiv.org/abs/1905.12421 ; Y. Hou, M. Guo, B. Chen, Phys. Rev. D 104, 024001, (2021), https://arxiv.org/abs/2103.04369 .	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Usporedba mogućnosti jezika SQL i biblioteke Pandas za rukovanje podacima	
SQL predstavlja standardni jezik za rukovanje podacima u spremljenim u relacijskim bazama podataka. Python uz biblioteku Pandas također omogućuje određeni skup operacija nad podacima smještenim u tablice. Zadatak je opisati mogućnosti tih pristupa te usporediti njihovu prikladnost i po mogućnosti performanse za uobičajene operacije (primjerice stvaranje, pretraživanje, razne spojeve, pivotiranje).	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Putevi tuneliranja u grozdovima vode	
Potraga za adekvatnom karakterizacijom i razumijevanjem kooperativne dinamike vodikovih veza u vodi motivirala je brojne eksperimente na malim grozdovima vode uporabom vibracijsko-rotacijske spektroskopije. Kako su za sustave od više od 6 atoma egzaktne kvantno-mehanički računi prezahtjevni, koristimo metodu instantona kako bismo odredili koji su dominantni putevi preslagivanja u grozdu vode, te njima interpretirali izgled spektra. Cilj diplomskog rada je karakterizacija spektra odabranog grozda vode (npr. tetramer ili heksamer vode), te izračun dinamike preslagivanja vodikovih veza u ovisnosti o temperaturi. Metoda instantona prošla je kroz razdoblje intenzivnog razvoja u zadnjem desetljeću, te je njena primjena u mnogim domenama još neistražena (npr. spektar tuneliranja u vibracijski i rotacijski pobuđenim stanjima, brzine procesa u mikrokanonskom ansamblu, te brzine tuneliranja kroz neadijabatske barijere). Primjena metode instantona u novim domenama, što uključuje temu ovog diplomskog rada, dio je HrZZ projekta "Efekt kvantnog tuneliranja: dinamika molekula s kvantnim jezgrama".	
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: doc. dr. sc. Marko Tomislav Cvitaš	Institucija: pmf
Neadijabatsko tuneliranje u molekulskim sustavima metodom instantona	
Fotoinducirani procesi u molekulama često uključuju dinamiku u pobuđenim elektronskim stanjima. Kad se takav sustav nađe u blizini koničnog presjecišta, gdje dva elektronska stanja postanu degenerirana, može doći do efikasnog transfera populacije među stanjima. Te su populacije observable koje se mogu eksperimentalno mjeriti. Kada je energija sustava ispod koničnog presjecišta, prijelaz među stanjima moguć je tuneliranjem, što se eksperimentalno očituje u jakoj ovisnosti brzine procesa o valnoj duljini pobuđenja i masi (izotopnim supstitucijom). Cilj diplomskog rada je proučiti na modelu koliko se precizno može računati koeficijent brzine tuneliranja između dva elektronska stanja metodom instantona kroz različite režime vezanja dva elektronska stanja, te za mikrokanonski i kanonski ansambl. Očekivana primjena je na fotodisocijaciji molekule pirola. Tijekom diplomskog rada, očekuje se izrada vlastitog računalnog programa za izračun koeficijenta brzine reakcije za kanonski i mikrokanonski ansambl, te metode za optimizaciju puta minimalne akcije, koji povezuje dva elektronska stanja kroz konično presjecište. Primjena metode instantona u novim domenama, što uključuje temu ovog diplomskog rada, dio je HrZZ projekta "Efekt kvantnog tuneliranja: dinamika molekula s kvantnim jezgrama".	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Ida Delač	Institucija: ifs
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Novak	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 Waalsove), 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, nekovalentna adsorpcija molekularnog sloja može omogućiti dopiranje, regulaciju širine međuvrpčanog procjepa, modulaciju vibracijskih modova i kontrolu magnetizma 2D materijala. U sklopu izrade diplomskog rada planira se rad na razvoju i optimizaciji protokola za depoziciju organskih molekula na grafen i/ili 2D 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, mjerenja transportnih svojstava, kvarcna mikrovaga sa praćenjem disperzije...) u dogovoru sa studentom, ovisno o interesu i raspoloživom vremenu.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Vito Despoja	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. Dr. Sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Eksitoni u hBN/grafen kompozitu	
<p>Student prvo savladava ab initio metodu i sam programskih paket Quantum Espresso za izračun elektronske strukture 2D kristala u osnovnom stanju. Potom pomoću metode kvantne teorije mnoštva tijela i Kohn-Sham valnih funkcija dobivenih u prvom dijelu riješava Bethe-Salpeterovu jednadžbu za sustav koji se sastoji od grafena i heksagonalnog borovog-nitrida (hBN) čije su ravnine paralelne i udaljene za proizvoljnu udaljenost d. Zadatak je izračunati renormalizaciju energijskog procjepa E_g, energije vezanja Δ i energije eksitona $\hbar\omega_{ex}$ u hBN-u u ovisnosti o udaljenosti d.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Goran Duplanić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Elektromagnetske funkcije strukture hadrona u perturbativnom QCD-u	
<p>Hadroni su vezana stanja kvarkova i antikvarkova koji međudjeluju jakom interakcijom, a koja je opisana kvantnom kromodinamikom (QCD) u formalizmu kvantne teorije polja. Iako su pravila QCD-a poznata i jednostavna, rezultirajuća unutarnja struktura hadrona je iznimno komplicirana. Ako tome dodamo činjenicu da u formalizmu teorije polja ne znamo općenito i potpuno izračunati fizikalne veličine od interesa, jasno je da smo daleko od toga da na zadovoljavajući način razumijemo strukturu hadrona. Sama struktura (npr. raspodjela naboja i magnetizacije) opisana je pomoću takozvanih funkcija strukture (form factors), koje se mogu mjeriti u procesima raspršenja. Glavni izvor informacija su elastična raspršenja elektrona na hadronima. U slučajevima velikog prijenosa impulsa u raspršenju, moguće je primjeniti perturbativni QCD te funkcije strukture napisati u faktoriziranom obliku gdje je amplituda raspršenja odvojena od dinamike vezanog stanja, što nam omogućava da teorijski odredimo funkcije strukture i u usporedbi s mjerenjima zavirimo u unutrašnjost hadrona. U ovom radu analizirale bi se elektromagnetske funkcije strukture hadrona u perturbativnom QCD-u. Cilj je u vodećem redu perturbativnog računa izračunati funkcije strukture za pione i nukleone. U dogovoru sa studentom analiza se može proširiti na neke aspekte računa u višim redovima npr. određivanje BLM skale.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Metode strukturiranja tankih slojeva organskih poluvodiča za optoelektroničke primjene	
<p>Tanki slojevi organskih poluvodiča imaju široku primjenu u elektroničkim elementima temeljenim na organskim poluvodičima, poglavito kod organskih svjetlosno emitirajućih dioda (OLED), kao i kod organskih sunčevih ćelija. U grupi za opto-bioelektroniku tanki slojevi organskih poluvodiča koriste se za izradu opto-bioelektroničkih elemenata za stimulaciju neurona. Jedan od ključnih koraka pri izradi takvih elemenata je 2D strukturiranje slojeva organskih poluvodiča. Tijekom izrade diplomskog rada student će eksperimentalno usporediti različite metode 2D strukturiranja slojeva organskih poluvodiča, te karakterizirati izrađene optoelektroničke elemente.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

Voditelj: doc. dr. sc. Vedran Đerek	Institucija: pmf
Primjene spektroskopije laserom inducirane plazme	
<p>Spektroskopija laserom inducirane plazme (eng. LIBS - Laser Induced Breakdown Spectroscopy) eksperimentalna je metoda atomske fizike u kojoj se fokusirani laserski puls koristi za induciranje plazme u plinovitom, tekućem ili čvrstom uzorku. Spektroskopijom generiranog oblaka plazme opažaju se emisijske linije prisutnih elemenata, što se može koristiti izravno za elementalnu analizu, identifikaciju ili usporedbu uzoraka. Metoda je osjetljiva na vrlo niske koncentracije elemenata u uzorku. Brojne su moguće primjene u industriji, kvaliteti kontrole, forenzici, kao i u fundamentalnoj znanosti. Tijekom izrade diplomskog rada student/ica će detaljno teorijski i eksperimentalno obraditi neku od primjena LIBS-a, koristeći moderni LIBS spektrometar dostupan u Laboratoriju za optičku atomsku spektroskopiju na Fizičkom odsjeku PMF-a.</p>	
<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: dr. sc. Fabio Franchini	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Local Convertibility in Quantum Spin Chain	
<p>An important current field of research is to identify the potentials of different systems for quantum technologies. One possible way to do so is through the so-called Local Convertibility (LC), which determines if an adiabatic evolution can be approximated by classical means. A lack of LC signals a higher computational power in the quantum system. LC is determined through the study of the evolution of different entanglement entropies in a quantum phase. The student will do that in certain quantum spin chains using a recently introduced techniques developed by my group to determine how the spontaneous symmetry breaking system influences LC. This project entails mostly analytical tools and a bit of numerics</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: doc. dr. sc. Ivica Friščić	Institucija: pmf
Analiza testova elektromagnetskog kalorimetra baziranog na kristalima olovo-volframata	
<p>Pod vodstvom grupe s Massachusetts Institute of Technology (MIT), tijekom studenog 2021., napravljena su testna mjerenja s elektromagnetskim kalorimetrom sastavljenim od 25 kristala olovo-volframata ($PbWO_4$) u 5×5 konfiguraciji na DESY II postrojenju s testnim snopom u Hamburgu, Njemačka. Snopom elektrona u rasponu energija od 2 do 5 GeV-a gađan je centar svakog kristala zasebno, a zatim je u koracima od 3 mm skeniran centralni dio kalorimetra. Kada elektron iz primarnog snopa udari u kristal stvoriti će se pljusak sekundarnih čestica čija energija će se djelomice apsorbirati u danom kristalu, a ostatak energije u okolnim kristalima. Dakle, da bi se odredila energija primarnog snopa potrebno je dobro razumjeti odgovor svakog pojedinog kristala, te zatim promatrati kalorimetar kao cjelinu. Posebnost ovih testova leži u tome, što je signal iz svakog kristala podijeljen 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 analiza testnih mjerenja sa svakim sustavom za prikupljanje podataka posebno, te njihova međusobna usporedba. Za to je potrebno dobro poznavanje C++ programskog jezika i poznavanje rada u Linux/Unix operativnom sustavu. Navedena testna mjerenja nastavak su testova iz rujna 2019. kada je testiran prototip kalorimetra u 3×3 izvedbi [1]. Naime, kalorimetri bazirani na kristalima olovo-volframata biti će glavni detektori planiranog budućeg eksperimenta mjerenja dvofotonske izmjene (engl. Two Photon Exchange eXperiment – TPEX) na DESY II postrojenju, te bi se također mogli koristiti kao detektori u nadolazećem sudarivaču elektrona i iona (engl. Electron-Ion Collider – EIC [2]) koji će biti izgrađen u sklopu Brookhaven National Laboratory, NY, USA. [1] I. Friščić et. al., "Prototype Lead Tungstate Calorimeter Test for TPEX", arXiv:2112.01606 (2021), poslano na objavljivanje u Phys. Rev. C [2] R. Abdul Khalek et al., "Science Requirements and Detector Concepts for the Electron-Ion Collider: EIC Yellow Report", arXiv:2103.05419 (2021)</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Andreja Gajović	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Nanostrukture metalnih oksida, funkcionalizacija i strukturna karakterizacija	
<p>Nanostrukture metalnih oksida (nanočestice, nanocjevčice, nanoštapići i sl.) predstavljaju jedinstvenu kombinaciju strukturnih, fizičkih i kemijskih svojstava. Velika specifična površina, poluvodička svojstva u kombinaciji s funkcionalizacijom površine daju im svojstva koja su pogodna za različite primjene (npr. fotokataliza, fotonaponske ćelije, senzorika i sl.) U diplomskom radu će se površina nanostrukturiranih metalnih oksida (npr. TiO_2, ZnO ili $BaTiO_2$) i njihovih kompozita (pripravljenih u obliku tankih filmova), modificirati jednostavnim kemijskim i fizikalnim metodama. Modificirat će se površina nanošenjem nanočestica metala jednostavnom metodom foto-redukcije ili fizikalnim metodama kao što je tretiranje u radiofrekventnoj plazmi ili grijanjem u redukcionskoj atmosferi. Modifikacija će se izvoditi s ciljem utjecaja na funkcionalna svojstva u primjenama za fotokatalizu ili u perovskitnim fotonaponskim ćelijama. U diplomskom radu će se za određivanje morfoloških svojstava koristiti pretražna elektronska mikroskopija (SEM), za istraživanje strukture tankog sloja primjenjivati Ramanova spektroskopija i rendgenska difrakcija pod malim kutom, dok će se optička svojstva (važna za primjenu) istražiti UV-Vis spektroskopijom. Istražit će se utjecaj parametara i metoda modifikacije na strukturu, morfologiju i optička svojstva pripravljenih nanostrukture. Diplomant će se upoznati s eksperimentalnim osnovama i teorijskom podlogom elektronske mikroskopije, Ramanove spektroskopije, rendgenske difrakcije i UV-Vis spektroskopije, a analizu dobivenih podataka će izvoditi uz primjenu različitih specifičnih programskih paketa. Tijekom rada će se diplomant također upoznati s osnovama primjene nanostrukturiranih metalnih oksida i kompozita za fotokatalitičke i fotonaponske primjene. Uvod u problematiku će se dobiti proučavanjem dostupne literature, a rezultati diplomskog rada će se uklopiti i kombinirati s rezultatima postojećih projekata te će, po mogućnosti, postati dio znanstvene publikacije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Luca Grisanti	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Computational modeling of molecular aggregates	
<p>The possibility to assemble and characterize molecular structures in order to obtain particular optical or electronic properties is an ambitious goal in material science. In any case, the structural prediction and characterization is a fundamental pre-required step. In this project we aim to conduct a computational investigation on the structures resulting from the aggregation of one specific classes of organic molecules in condensed phase (liquid solution), such as for instance pi-conjugated organic dyes or biologically relevant building blocks. The computational investigation of processes where functional or bio-organic molecules assembly into structures with higher hierarchy is at the same time interesting and challenging. First, it depends on a balance of several competing physico-chemical interactions - which geometry is determined by the molecular structures. Secondly, it is a problem of statistical relevance as it involves many degrees of freedom with different characteristic times, which adequate sampling is a critical and a recurring issue in all application of computational biophysics. Such type of complex problem can be approached in the frame of atomistic simulations. For this project, the main computational technique that the student will use and possibly master is classical molecular dynamics and some of their more advanced applications, such as enhanced sampling techniques. This will be realized by using existing code packages (e.g. Gromacs, Plumed), which usage will be learnt in the process. Reference environment is Unix/Linux. The project will be developed within the group of Condensed Matter and Statistical Physics of the Theoretical Physics Division at IRB. Calculations will be run on available computer stations and/or HPC cluster, owned by the Division.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Luca Grisanti	Institucija: irb
Suvoditelj: Doc.dr.sc. Damjan Pelc	Institucija: pmf
Computational insight on the stability of hybrid Perovskites	
<p>The aim of this project is two-fold: a) acquire confidence in electronic structure theory for materials - in the frame of Density Functional Theory (DFT) b) computationally model a novel class of materials: hybrid Perovskites, largely investigated in last decade for their potential in the fabrication of optoelectronic devices (solar cells and light emitting diodes). In hybrid Perovskites, one or more type of organic molecular cations are hosted in a lead-halide inorganic Perovskite sublattice. Besides, 2D or quasi-2D hybrid perovskites can be prepared by introducing layer(s) of organic molecule (called spacer) between lead halide layers, in order to improve the control on the optical properties. Unfortunately, the chemical stability is a major limiting aspect in the fabrication of devices and some of the degradation mechanisms are not yet fully understood. Some recent works has underlined the role of activated oxygen, in combination with light and vacancies. The aim is to evaluate formation and reaction energies for some of these processes, computed as difference of DFT energies, as a valuable tool to understand differences in stability observed by our experimental partners. The typical calculation will be performed with DFT, as implemented in some computational package (i.e. Quantum Espresso and cp2k). Reference environment is Unix/Linux. The project will be developed within the group of Condensed Matter and Statistical Physics of the Theoretical Physics Division at IRB, and calculations will be run on the locally available high-performance computing unit. The hosting group has already developed a solid experience in the modeling of hybrid Perovskites, participating to an international project that includes an ongoing collaborations with experimentalists.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Oscilacije neutralnih kaona i narušenje CP simetrije	
<p>Narušenje CP simetrije u sustavu neutralnih kaona otkriveno je 1964. godine i nagrađeno Nobelovom nagradom 1980. godine. Do navedenog otkrića smatralo se da zakoni fizike ne bi trebali mijenjati kod primjene CP simetrije (kombinacija nabojne konjugacije - zamjene čestica antičesticama i transformacija pariteta - zamjena predznaka prostornih koordinata/refleksija točke). Narušenje CP simetrije ima važnu ulogu u objašnjenju asimetrije između materije i antimaterije te u razumijevanju svojstava slabe sile. Diplomski rad dao bi prikaz eksperimentalnog otkrića CP narušenje i teorijskog opisa kaonskih oscilacija.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Kvarkovski modeli bariona i mezona	
Kvarkovski modeli mezona povijesno su razvijeni kroz proučavanje vezanih stanja težih kvarkova. Cornell potencijal pokazao se posebno pogodnim je za proučavanje mezona kao vezanih sustava težih kvarkova i antikvarkova kroz rješenja Schroedingerove jednačbe. Potencijal je prvo otkriven fenomenološki, a kasnije je dobio podršku proučavanjem fundamentalnije teorije - kvantne kromodinamike. Jednostavan fenomenološki model bariona, MIT model veće (eng. MIT bag model) uzima slobodne kvarkove zatočene u ograničenom volumenu. Iako se radi o gruboj aproksimaciji te ima dosta nedostataka, ovaj jednostavan model pokazao se izuzetno uspješan. Diplomski rad dao bi prikaz navedenih modela i njihovih rješenja za odabrane mezone i barione.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

Voditelj: Dr. sc. Katarina Jeličić	Institucija: pmf
Učeničke poteškoće s razumijevanjem elektromagnetske indukcije	
Elektromagnetska indukcija je jedna od fizikalnih pojava koje je potrebno razumijeti i naučiti u sklopu srednjoškolskog gradiva iz fizike. Prema dosadašnjim istraživanjima učenici imaju mnogo poteškoća s razumijevanjem te pojave. Prilikom izrade ovog rada, biti će potrebno proučiti postojeću literaturu iz edukacijskih istraživanja iz fizike vezanu uz učeničke poteškoće s razumijevanjem elektromagnetske indukcije te osmisлити nastavnu jedinicu koja bi mogla poslužiti srednjoškolskim nastavnicima u izvođenju istraživački usmjerenog nastavnog sata na tu temu. U slučaju da pandemijske okolnosti budu pogodne, moguće je i provođenje kratkog istraživanja o učeničkim poteškoćama s elektromagnetskom indukcijom u srednjoj školi. U tom bi se slučaju, u sklopu ovog rada, prezentirali i rezultati upitnika.	
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. Vibor Jelić	Institucija: irb
Istraživanje zračenja međuzvezdanog vodika i prašine u Mliječnom putu	
<p>U prostoru između zvijezda Mliječnog puta nalazi se međuzvezdana tvar koja se sastoji od plina u ioniziranom, atomskom i molekularnom stanju te kozmičke prašine. Vodik u atomskom stanju istražujemo promatranjem njegove emisijske linije na 1.4 GHz, dok kozmičku prašinu istražujemo promatranjem njezinog termalnog zračenja u mikrovalnom području. Ionizirani plin možemo istraživati promatranjem polariziranog sinkrotronskog zračenja koje međudjeluje s ioniziranim plinom prožetim magnetskim poljem. Cilj ovog rada je na temelju magneto-hidrodinamičkih simulacija predvidjeti zračenje vodika i kozmičke prašine za danu astrofizičku situaciju te napraviti sintetska promatranja simuliranih emisija. Dobivene simulacije će se zatim usporediti sa sintetskim promatranjima polariziranog sinkrotronskog zračenja te odrediti ovisnost orijentacije dobivenih struktura u odnosu na dominantni smjer magnetskog polja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Krunoslav Juračić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Utjecaj enkapsulanta na degradacija solarnih ćelija kristalnog silicija	
<p>Jedan od najpopularnijih obnovljivih izvora energije posljednjih godina su solarne ćelije. To su uređaji koji na temelju fotoelektričnog efekta izravno pretvaraju sunčeve energije u električnu. Iako se posljednjih godina pojavljuju nove vrste solarnih ćelija (npr. organske solarne ćelije, perovskitne solarne ćelije), tržištem još uvijek dominiraju solarne ćelije prve generacije bazirane na kristalnom i polikristalnom siliciju čija efikasnost fotonaponske pretvorbe doseže 25%. No efikasnost solarnih ćelija kristalnog silicija opada tijekom izlaganja sunčevom svjetlu, pogotovo UV dijelu sunčevog spektra. Jedan od čimbenika koji može značajno utjecati na stupanj degradacije je materijal koji se koristi za enkapsulaciju solarne ćelije kako bi se ona zaštitila od atmosferskih utjecaja. Za laminaciju solarne ćelije sa zaštitnim pokrovnim staklom najčešće se koristi tzv. EVA folija (etilen-vinil acetat) koja može sadržavati nekoliko različitih dodataka kako bi se poboljšala njezina svojstva. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti kako različite vrste enkapsulanta (EVA folije) utječu na stupanj degradaciju performansi solarnih ćelija. U tu svrhu će solarne ćelije kristalnog silicija biti enkapsulirane u minimodule s nekoliko različitih tipova EVA folije i izložene djelovanju UV zračenja tijekom dužeg vremenskog perioda. U određenim vremenskim razmacima bit će provjeravana promjena osnovni parametara solarnih ćelija mjerenjem strujno-naponske karakteristike i spektralnog odziva. Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati sa osnovnom strukturom i principom rada solarnih ćelija. Također će se upoznati s eksperimentalnim postavom (uređaja za mjerenje IV karakteristike i kvantne efikasnosti solarnih ćelija, solarni simulator), te tehnikama obrade eksperimentalnih podataka.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

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

Voditelj: dr. sc. Tajron Jurić	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
The geometry of the Standard Model	
<p>The Standard Model is a very successful model that describes the interaction of all known particles with all known forces, except gravity. It is described with a Lorentz invariant and renormalizable Lagrangian that has an internal $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$ symmetry. This Lagrangian is a gauge-field Lagrangian and its geometric (or "coordinate-free") construction is provided via the theory of bundles where the interaction fields are given by connections, and the matter fields are given by suitable vector or spinor bundles over the spacetime manifold. There are several ingredients to this construction. First, after establishing the general theory of bundles (especially principal and associated bundles) and its relation to gauge theories in physics, one realizes the need for the correspondence of certain connections with the interactions fields and the correspondence of the sections of several vectors or spinor bundles with matter fields. These vector bundles are associated bundles of the principal bundles where the interaction fields live, via suitable group representations. The idea is to rigorously write the whole gauge theory of the Standard Model in the language of fibre bundles.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
Slomljene QCD simetrije $SU_A(3)$ i $U_A(1)$, te njihovo obnavljanje na visokim temperaturama i gustoćama	
<p>Tema rada bi bilo modeliranje neperturbativne kvantne kromodinamike (QCD) fundamentalnih kvarkova i gluona na način kao u referencama [1-4]. To prvenstveno znači: neperturbativno generiranje "jako obučenih" efektivnih kvarkova, kvark-antikvark vakuumskih kondenzata, topološke susceptibilnosti QCD-a, te mezonskih pseudoskalarnih vezanih stanja kvarkova i antikvarkova, a s glavnim ciljem da se istraživanja [1-4] obnavljanja (na nultoj temperaturi i gustoći slomljenih) simetrija $SU_A(3)$ i $U_A(1)$ na visokim temperaturama nastave i na visokim gustoćama, te izvan limesa izospinske simetrije. Na niskim energijama, dakle u neperturbativnom režimu, QCD dovodi do vrlo složene hadronske fenomenologije. Nobelove su nagrade dodijeljene za QCD u perturbativnom režimu, ali je neriješena ostala neperturbativna kromodinamika. Upravo je ona ključna za razumijevanje kako gluoni vežu kvarkove u kompozitne hadronske čestice - mezone i barione. Dva najvažnija neperturbativna efekta kromodinamike su: 1.) potpuno zatočenje kvarkova i gluona, fenomen koji još uvijek ne razumijemo u potpunosti, te 2.) spontano, odnosno dinamičko lomljenje okusne $SU(3)$ kiralne simetrije, koje već dobro razumijemo, posebno u okviru Schwinger-Dysonovog pristupa teoriji polja. Dinamičko lomljenje kiralne simetrije pokazuje kako gluoni od fundamentalnih kvarkovskih polja generiraju efektivne, konstituentne kvarkove. Time se ujedno razjašnjavaju mnoge inače misteriozne pojave hadronske fenomenologije, poput hadronskih spektara, gdje kvarkovski model uglavnom veoma dobro funkcionira, ali su - na prvi pogled - misteriozno malene mase pseudoskalarnih mezona u oktetnoj reprezentaciji tri najlakša kvarkovska okusa. Zanimljivo je i lomljenje druge kiralne simetrije QCD-a, naime $U_A(1)$, kojoj njihov deveti partner, pseudoskalarni mezon η', duguje svoju anomalno veliku masu. Jedna je mađarska grupa međutim prije nekoliko godina eksperimentalne rezultate sa američkog sudarača RHIC protumačila padom mase η', odnosno obnavljanjem $U_A(1)$ simetrije u vrućem QCD mediju, što bi mogao biti jedan od najboljih znakova formiranja sasvim novog stanja materije - jako interagirajuće kvarkovsko-gluonske plazme. Tome je jedan od prvih kvantitativnih opisa dala naša grupa, pruživši scenarij gdje je obnavljanje $U_A(1)$ simetrije povezala s obnavljanjem okusne $SU(3)$ kiralne simetrije, naime $SU_A(3)$. Nedavno smo uskladili taj scenarij sa, u zadnjim godinama eksperimentalno potvrđenim, postepenim prijelazom iz hadronske u kvarkovsko-gluonsku fazu [1], te pokazali slaganje našeg pristupa s predikcijama (računa na rešetci) temperaturne ovisnosti mase hipotetske čestice - aksiona [2]. U radovima [3,4] smo pokazali kako (i zašto) proširenje računa van limesa aproksimativne izospinske simetrije ima značajne efekte ako je narušenje i obnavljanje kiralne i $U_A(1)$ simetrije QCD-a tako povezano. (To je zanimljivo i zato što je u hadronskoj fizici rijedak slučaj da je narušenje izospinske simetrije kvantitativno važno.) Zato taj pristup otvara mogućnosti za relativno jednostavna dodatna ispitivanja, koja mogu biti obrađena u diplomskom radu s velikom vjerojatnosti objave rada u časopisu. Reference: [1] D. Horvatić, D. Kekez i D. Klabučar, Phys.Rev. D99 (2019) no.1, 014007. [2] D. Horvatić, D. Kekez i D. Klabučar, Universe 5 (2019) no.10, 208. [3] D. Horvatić, D. Kekez i D. Klabučar, Eur.Phys.J.ST 229 (2020) no.22-23, 3363-3370. [4] D. Horvatić, D. Kekez i D. Klabučar, Eur.Phys.J. A56 (2020) no.10, 257.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
Pojmovne teškoće kod učenja kvantne fizike i njihovo prevladavanje u nastavi	
<p>Kvantna je fizika protivna intuiciji mnogo češće od klasične fizike. Ujedno je, budući da je mnogo manje zorna od klasične fizike, apstraktnija i mnogo ovisnija o matematičkom formalizmu. Zato nije čudno da s razumijevanjem kvantne fizike, pa čak i kod gradiva blisko povezanog s gradivom koje se predaje u školama, postoje vrlo raširene pojmovne teškoće i česta pogrešna shvaćanja ("miskonceptije") [1,2]. To pokazuju ne samo anegdotalna iskustva predavača i ispitivača, nego i sistematska istraživanja (na pr. [3,4]) problema naučavanja, studiranja i učenja kvantne fizike. Diplomski bi se rad bavio nekim od tih problema [1-4] kod studenata - na primjer, teškoćama shvaćanja odnosa klasične i kvantne fizike ili razumijevanja vremenske ovisnosti u kvantnoj mehanici [4]. Diplomski bi rad također trebao obraditi nastavne strategije i pristupe sačinjene da riješe neke od učenih problema [5-8]. Reference: 1. D. F. Styer, Common misconceptions regarding quantum mechanics, Am. J. Phys. 64, 31 (1996). 2. L. C. McDermott and E. F. Redish, Resource Letter: PER-1: Physics education research, Am. J. Phys. 67, 755 (1999). 3. C. Singh, Student understanding of quantum mechanics, Am. J. Phys. 69, 885 (2001). 4. P. J. Emigh, G. Passante, P. S. Shaffer, Student understanding of time dependence in quantum mechanics, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 11, 020112 (2015). 5. D. A. Zollman, N. S. Rebello, and K. Hogg, Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology, Am. J. Phys. 70, 252 (2002). 6. C. Singh, Interactive learning tutorials on quantum mechanics, Am. J. Phys. 76, 400 (2008). 7. S. B. McKagan, K. K. Perkins, M. Dubson, C. Malley, S. Reid, R. LeMaster, and C. E. Wieman, Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics, Am. J. Phys. 76, 406 (2008). 8. P. J. Emigh, G. Passante, P. S. Shaffer, Developing and assessing tutorials for quantum mechanics: Time dependence and measurements, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 14, 020128 (2018).</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

Voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
Sistematska kvantizacija harmoničkog oscilatora (voditelj D. Klabučar)	
<p>Harmonički oscilator zauzima važno mjesto već u školskom gradivu, a na studiju fizike važnost mu još poraste, osobito sa sve dubljim ulaskom u kvantnu teoriju. Zato se često može čuti mišljenje, koje je doduše očito previše paušalno, ali u grubom na neki način i točno, da ako netko dobro razumije kvantizaciju harmoničkog oscilatora, može razumjeti sve u kvantnoj fizici. Time se nipošto ne misli samo na brojne primjene na konkretne kvantno-mehaničke sisteme, nego prvenstveno na to da upravo kvantizacija harmoničkog oscilatora omogućava proširenje kvantne mehanike na fundamentalniju razinu, naime na kvantnu teoriju polja. To se u obradi ove diplomske teme može, ali i ne mora slijediti, no prednost toga je da otvorenost prema tom golemom području omogućuje da si diplomand koji odabere ovu temu može po volji odmjeriti koliko daleko i koliko ambiciozno želi ići sa svojim diplomskim radom u dubinu konceptualno te u širinu s primjenama. Ipak, minimalno bi se morale izložile potrebne matematičke strukture teorije u smislu linearnih prostora i linearnih operatora, te postuliranja osnovnih pretpostavki (aksioma kvantne mehanike), kako bi se potom pristupilo kvantizaciji harmoničkog oscilatora bez pozivanja na argumente heurističkog tipa. Metode kvantizacije bi svakako uključivale dvije standardne, naime Schrödingerovu kvantizaciju putem istoimene jednadžbe i valne mehanike, te Heisenbergovu kvantizaciju u matričnoj mehanici. One bi se usporedile i glede konceptualne ekvivalencije i glede pogodnosti primjene u raznim fizikalnim situacijama, te bi se izgrađeni formalizam primijenio na pojedine odabrane realne fizikalne sisteme. Ovisno o ambicijama diplomanda, mogle bi se uključiti i usporedno analizirati i neke druge, manje standardne metode kvantizacije. Na primjer, također popularna Feynmanova kvantizacija preko propagatora i integrala po stazama. Ili, nešto manje popularne metode poput Weylove kvantizacije preko deformacija Poissonovih struktura, Bargmannove holomorfne kvantizacije, ili pak supersimetrične kvantizacije. U smislu tih raznih mogućnosti izbora metoda kvantizacije, te izbora i širine zastupljenosti realnih fizikalnih sistema na koje bi se izgrađeni formalizam primjenjivao, ova općenita tema može poslužiti za više različitih diplomskih radova, čemu se onda naravno može prilagoditi i naslov. Izbor iz moguće literature: - W. Greiner, "Quantum Mechanics: An Introduction", 4th edition, Springer 2001. - R. Shankar, "Principles of Quantum Mechanics", 2nd edition, Plenum Press 1994. - A. Bohm, "Quantum Mechanics: Foundations and Applications", 3rd ed., Springer 2001. - A. Bohm, P. Kielanowski and G.B. Mainland, "Quantum Physics: States, Observables and Their Time Evolution", Springer 2019. - E.M. Henley and Walter Thirring, "Elementary Quantum Field Theory", McGraw-Hill 1962, reprint Franklin Classics 2018. - R.P. Feynman and A.R. Hibbs, "Quantum Mechanics and Path Integrals", Emended Edition, Dover Publications, 2010. - S. Gentilini et al., "Physical realization of the Glauber quantum oscillator", Sci Rep 5, 15816 (2015); https://doi.org/10.1038/srep15816. - Y. S. Kim (editor), "Harmonic Oscillators In Modern Physics", A special issue of Symmetry (ISSN 2073-8994); https://www.mdpi.com/journal/symmetry/special_issues/harmonic_oscillators.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

Voditelj: prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
O pojmu mase u teoriji relativnosti	
<p>Diplomski bi rad bio posvećen pojmu mase u fizici. Osobito bi se bavio pregledom i preciznim raščišćavanjem konceptualne zbrke koja u vezi s interpretacijom relativističkih formula s masom postoji ne samo u popularnim prikazima, nego i u nekim inače vrhunskim pedagoškim tekstovima u dijelovima posvećenima specijalnoj teoriji relativnosti, a ne bi smio postojati ni kod izlaganja srednjoškolskog gradiva. Glavni primjer je odnos vjerojatno "najpopularnije formule za vezu mase i energije" $E = m c^2$ (po kojoj bi relativistička masa preko energije ovisila o brzini) sa skalarnom masom $m^2 = E^2/c^4 - p^2/c^2$, koja je invarijantna na Lorentzove transformacije jer je skalarni produkt dva četvero-vektora u prostoru Minkowskog. Primjeri nekih relevantnih referenci (uključujući neke primjere s nešto spomenute pojmovne konfuzije) su: G. Oas: "On the Abuse and Use of Relativistic Mass", http://arxiv.org/abs/physics/0504110 G. Oas: "On the Use of Relativistic Mass in Various Published Work", http://arxiv.org/abs/physics/0504111 L. B. Okun: "Energy and Mass in Relativity Theory", World Scientific (2009). R. P. Feynman, R. B. Leighton and M. Sands: "The Feynman Lectures on Physics", Addison Wesley (1963). L. D. Landau and Yu. B. Rumer: "What is relativity?", Dover (2003) [ruski original 1959.] P. Hraskó: "Basic Relativity - An Introductory Essay", Springer (2011). A. Einstein: "Ist die Tragheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?", Ann. Phys. 18(1905) 639-641. L. B. Okun: "The concept of mass", Physics Today, June 1989, p. 31-36. E.F. Taylor and J.A. Wheeler: "Spacetime Physics", New York (1992), pp 246-252, Dialog: Use and Abuse of the concept of mass.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Magnetska svojstva optimalno dopiranih $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}(6+x)$ 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 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}(6+x)$ ($0.75 < x < 1$) monokristala i upoznati tehnike sinteze $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}(6+x)$ monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K i magnetskim poljima do 5 T.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Ivan Kokanović	Institucija: pmf
Elektronska struktura 3D HfSiS Diracovog polumetala	
<p>Trodimenzionalni (3D) topološki Diracov polumetal HfSiS je topološka faza materije koja je 3D analogon grafena s linearnom disperzijom vrpce u 3D prostoru impulsa. U 3D topološkim polumetalima, vodljiva i valentna vrpca mogu se doticati u diskretnim (Diracovim) točkama, linijama i petljama u Brillouinovoj zoni te posjedovati linearnu disperziju u svim smjerovima prostora impulsa. U okviru predloženog rada student će se upoznati sa sintezom i tehnikama mjerenja magnetskih svojstava HfSiS Diracovog linijskog polumetala i izvršiti mjerenja i analizu rezultata mjerenja magnetskih svojstava monokristala. Parametri Fermijeve plohe će se odrediti iz rezultata mjerenja kvantnih oscilacija u magnetizaciji HfSiS monokristala.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

Voditelj: Prof. Dr. Sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Prijenos energije prilikom vođenja električne struje	
Intuicija prijenosa energije u električnom strujnom krugu je često zasnovana na ideji toka "nečega kroz cijev". Pokazuje se međutim da je za potpuno razumijevanje ključno u razmatranje uključiti i elektromagnetska polja izvan vodiča. U diplomskom radu bi se detaljno proučila konfiguracija naboja i polja u jednostavnom strujnom krugu, a ovisno o studijskom smjeru i afinitetima studenta moguća je i izrada računalne simulacije.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Doc. Dr. Sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Transportna svojstva Diracovih polumetala	
Disperzije vodljivih elektrona u Diracovim polumetalima mogu se opisati s anizotropnim 3D Diracovim modelom s konačnom Diracovom masom. Vrlo često se te disperzije aproksimiraju s disperzijama elektrona u kvazi 2D Diracovom modelu. U ovom radu će se teorijski istražiti transportna svojstva ovakvih sustava i provjeriti valjanost ovakve aproksimacije disperzija 3D Diracovih elektrona. Prvo će se izgraditi realistični model koji objašnjava utjecaj spin-orbit vezanja na disperzije elektrona u Diracovim polumetalima. Nakon toga će se ispitati vezanje tih elektrona na vanjska elektromagnetska polja. Na kraju će se izračunati efektivan broj nositelja naboja u istosmjernoj vodljivosti i u Hallovoj konstanti te usporediti rezultate s predviđanjem semiklasične Boltzmannove transportne teorije.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Ivor Lončarić	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Danko Radić	Institucija: pmf
Predikcija kristalne strukture	
U fizici čvrstog stanja uglavnom se bavimo razumijevanjem svojstava različitih materijala. Kao prvi korak za bilo kakvo razumijevanje ili modeliranje svojstava materijala moramo znati kristalnu strukturu tog materijala. No što ako ne znamo strukturu materijala, ili želimo proučavati materijal koji eksperimentalno još nije sintetiziran? Možemo li samo pomoću znanja fizike predvidjeti kristalnu strukturu materijala o kojem znamo samo njegovu kemijsku formulu? Koristeći moderne metode predikcije kristalne strukture koje se najčešće temelje na izračunima teorijom funkcionala gustoće ovaj zadatak je postao moguć za široku klasu materijala. Posebno komplicirani su kristali koji se sastoje od organskih molekula zbog kompeticije različitih interakcija unutar i između molekula. Nove metode za predikciju kristalne strukture takvih materijala svakih nekoliko godina se testiraju na slijepom testu (eksperimentalne strukture su poznate samo organizatorima testa) [1]. U okviru ovog diplomskog rada testirat će se metodologija koja se temelji na izračunima teorijom funkcionala gustoće za rangiranje mogućih polimorfa. Kako bi se mogla izračunati Gibbsova slobodna energija, konstruirat će se interatomske potencijale koristeći strojno učenje na podacima dobivenim teorijom funkcionala gustoće. [1] https://www.ccdc.cam.ac.uk/Community/blog/tech-giants-science-CSP-blind-test/ CV mentora: http://tp2.irb.hr/wp-content/uploads/2021/12/cv_ivor.pdf Publikacije: https://scholar.google.hr/citations?user=MLxejsUAAAAJ&hl=en	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Rakhi Nandalal Mahbubani	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Amon Ilakovac	Institucija: pmf
Searching for dark matter using light	
We have robust evidence for the existence of dark matter, but very little real information on its form or properties. Models of dark matter are numerous, but even the simplest viable model has yet to be excluded. In this project you will work through novel ways to search for this simplest candidate dark matter through its cosmological signatures. One potential signal involves upscattering to a slightly heavier state through cosmic ray interactions, and subsequent decay to dark matter by emission of an energetic monochromatic photon. You will compute the rate for this process and assess whether this signal is distinguishable from cosmic backgrounds, when searched for by current and next-generation X-ray telescopes.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Marija Majer	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Odziv radiofotoluminiscentnih dozimetara u protonskim snopovima niskih energija	
<p>Dozimetrija zračenja podrazumijeva mjerenje/računanje energije koju ionizirajuće zračenje pohrani u materiji i neophodna je za sigurnu primjenu ionizirajućeg zračenja. Da bi se neki dozimetar mogao pravilno koristiti tj. rezultati mjerenja ispravno interpretirati, potrebno je najprije ispitati i razumjeti njegova dozimetrijska svojstva (npr. ovisnost odziva o dozi, energiji, kutu zračenja...) u poljima zračenja u kojima će se koristiti. Dozimetrija teških nabijenih čestica posebno je izazovna zbog poznate ovisnosti odziva većine dozimetara o energiji tj. LET-u (engl. linear energy transfer, LET) čestica. Za protone i teže nabijene čestice karakteristično je da većinu energije predaju u uskom području na kraju putanje (tzv. Braggov vrh). Približavanjem Braggovom vrhu, LET se povećava no učinkovitost većine dozimetara smanjuje. Cilj rada je ispitati odziv radiofotoluminiscentnih (RPL) dozimetara u snopovima protona niskih energija (tj. onih koji će se zaustaviti u dozimetru). Protonski snopovi energija do 5 MeV dobivat će se elektrostatskim tandem akceleratorima na Institutu Ruđer Bošković gdje će se također raditi priprema i očitavanje dozimetara. Za nekoliko energija provjerit će se ovisnost odziva o dozi te, u području linearnosti, izračunati relativna učinkovitost dozimetra. Student će naučiti kako se dobivaju protonski snopovi i kako međudjeluju s materijom; osnovne dozimetrijske veličine i principe; fizikalne principe RPL dozimetrije, eksperimentalnu pripremu i obradu RPL dozimetara. Poveznica na životopis mentorice: https://www.irb.hr/Zavodi/Zavod-za-kemiju-materijala/Laboratorij-za-radijacijsku-kemiju-i-dozimetriju/Zaposlenici/Marija-Majer</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Marija Majer	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Tomislav Bokulić	Institucija: pmf
Odziv radiofotoluminiscentnih dozimetara u polju protona energije 100 MeV	
<p>Dozimetrija zračenja podrazumijeva mjerenje/računanje energije koju ionizirajuće zračenje pohrani u materiji i neophodna je za sigurnu primjenu ionizirajućeg zračenja. Da bi se neki dozimetar mogao pravilno koristiti, potrebno je najprije ispitati i razumjeti njegova dozimetrijska svojstva (npr. ovisnost odziva o dozi, energiji, kutu zračenja...) u poljima zračenja u kojima će se koristiti. Dozimetrija u radioterapiji snopovima teških nabijenih čestica te dozimetrija zračenja u svemiru trenutno su vrlo aktualne i izazovne problematike. Radiofotoluminiscentni (RPL) dozimetar je dobar kandidat no još uvijek nedovoljno istražen u poljima protona i pogotovo težih iona. Posebno je od interesa istražiti ovisnost relativne učinkovitosti dozimetra o energiji upadnih čestica tj. o LET (engl. linear energy transfer, LET). Cilj rada je ispitati odziv RPL dozimetara (tip GD 352M) u radioterapijskom polju protona energije 100 MeV te u području linearne ovisnosti odziva o dozi izračunati relativnu učinkovitost. Student će naučiti kako se dobivaju radioterapijski protonski snopovi i kako međudjeluju s materijom; osnovne dozimetrijske veličine i principe; fizikalne principe RPL dozimetrije; eksperimentalnu pripremu i obradu RPL dozimetara. Poveznica na životopis mentorice: https://www.irb.hr/Zavodi/Zavod-za-kemiju-materijala/Laboratorij-za-radijacijsku-kemiju-i-dozimetriju/Zaposlenici/Marija-Majer</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Demonstracijski postav za opažanje X-zračenja	
<p>U ovom demonstracijskom pokusu opažat će se X-zračenje koje se može emitirati nakon apsorpcije gama zračenja fotoelektričnim učinkom u različitim materijalima. Za opažanje X i gama zračenja koristit će se najmoderniji uređaji temeljeni na scintilacijskim kristalima i silicijskim fotomultiplikatorima iščitavani brzom digitalnom elektronikom. U radu će student izraditi, kalibrirati i ispitati demonstracijski postav za opažanje X-zračenja.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mihael Makek	Institucija: pmf
Određivanje dubine interakcije u detektorima gama zračenja	
<p>Ubrzan razvoj scintilacijskih materijala te poluvodičkih detektora i brze elektronike omogućava posljednjih godina opažanje gama zračenja sa sve većom preciznošću. Visoko segmentirani detektori omogućavaju precizno određivanje položaja gama zračenja u ravnini okomitoj na smjer upadne čestice, no izazov predstavlja određivanje dubine interakcije u detektorima zračenja. Rješavanje ovog izazova, omogućilo bi određivanje položaja interakcije gama zračenja u detektoru u 3 dimenzije, što bi bilo od velike važnosti za opažanja u fundamentalnoj fizici kao i primjenama u uređajima za medicinsko oslikavanje. Cilj ovog rada je ispitati specifične metode određivanja dubine interakcije gama zračenja u segmentiranim scintilacijskim detektorima, iščitavanim silicijskim fotomultiplikatorima i naprednom elektronikom.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Nadica Maltar Strmečki	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Ivica Frišić	Institucija: pmf
Optički stimulirana luminiscencija (OSL) u retrospektivnoj dozimetriji na različitim materijalima	
<p>U slučaju radiološke nesreće potrebna je brza procjena apsorbirane doze izloženih pojedinaca koji profesionalno ne nose osobne dozimetre, te hitna masovna trijaža. Retrospektivna dozimetrija istražuje promjene izazvane zračenjem bilo na materijalima koji su bili u blizini ili na samim žrtvama nuklearnih i radioloških nesreća, bilo na njihovim stanicama i pruža nedvosmisleni uvid u populaciju koja je bila izložena zračenju i treba hitnu medicinsku pomoć. Pokazano je da je optički stimulirana luminiscencija (OSL) brza fizikalna metoda retrospektivne dozimetrije, te može omogućiti brzu procjenu doze velikog broja ljudi u kratkom vremenskom razdoblju. Cilj rada je istražiti dozimetrijska svojstva nekih materijala koji se mogu nalaziti na ili oko izloženog pojedinca (grickalice, plastični gumbi, staklo, pijesak i sl.) metodom optički stimulirane luminiscencije (OSL) te njihovu potencijalnu uporabu u retrospektivnoj dozimetriji. Istraživat će se optimalni uvjeti za očitavanje OSL-a pomoću stimulacije s dvije različite valne duljine, 470 nm i 890 nm. Cilj je utvrditi ponovljivost signala, osjetljivost detekcije i stabilnost signala tijekom vremena. Rezultati će biti uspoređeni za obje vrste stimulacije. Rad će se odvijati u sklopu projekta NATO SPS SPS projekt G5684 'Novel biological and physical methods for triage in radiological and nuclear (r/n) emergencies (BioPhyMeTRe).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nadica Maltar Strmečki	Institucija: irb
Suvoditelj: Izv. prof. dr. sc. Matko Glunčić	Institucija: pmf
Utjecaj kiralnosti na dinamiku bakrenih kompleksa s aminokiselinama	
<p>Kompleksi bakra (II) s amino kiselinama služe kao modeli za metaloproteine i razne vrste prijenosa bakra uključene u biološki važnim procesima. Cilj ovog istraživanja je usporedba dinamike bakrenih (II) kompleksa s odabranim kiralnim aminokiselinama (nepolarnim, polarnim i električki nabijenim). Dinamička svojstva kompleksa istražena su spektroskopijom elektronske paramagnetske rezonancije (EPR). Eksperimentalno dobiveni EPR spektri bit će simulirani programom EasySpin. Cilj rada je teoretski iz simulacija odrediti omjer cis i trans komponente, rotacijsko korelacijsko vrijeme i aktivacijsku energiju rotacijskog gibanja molekule, te usporediti dobiveni parametri za L - i D - enantiomere.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:v. pred. dr. sc. Antun Marki	Institucija: pmf
Suvoditelj:doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Implementacija geofizičkih disciplina s naglaskom na meteorologiji u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi	
Ideja je da se neki dijelovi meteorologije približe učenicima ne samo na teorijski način, već i na onaj praktičan. Time bi ih se potaknulo na izradu vlastitih eksperimentalnih meteoroloških mjernih uređaja, a potom i na razne eksperimente (nastajanje oblaka u plastičnoj boci i tornada u plastičnoj boci ispunjenoj vodom, itd.) Brojne, zanimljive meteorološke pojave i fenomeni mogu se prikazati u praksi na zanimljiv i uzbudljiv način, uz aktivno sudjelovanje učenika. Ideja je osmisliti i prihvatljiv oblik terenske nastave, kao što je promatranje i prepoznavanje oblaka, posjet meteorološkoj postaji i sl. Isto tako cilj je, prema preporukama WMO-a i Projekta GLOBE, izrada vlastite meteorološke stanice koju će izraditi sami učenici i koja će biti dobro škole. Učenici će sami očitavati vrijednosti različitih meteoroloških veličina voditi dnevnik motrenja, održavati meteo-kutak na web stranici škole, izrađivati grafičke prikaze pojedinih očitavanih meteoroloških varijabli. Uvodni dio diplomskoga rada sadržavao bi opise općih geofizičkih disciplina, s posebnim osvrtom na meteorologiju.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike	

Voditelj: dr. sc. Blaženka Melić	Institucija: irb
Spinski formalizam i primjena u potrazi za novom fizikom	
Ideja rada je upoznavanje s osnovnim tehnikama korištenja spinskih informacija u čestičnoj fizici da bi se istražila nova fizika izvan Standardnog modela. Primjena će biti na procesu $e+e- \rightarrow t\bar{t}$, koji je jedan od osnovnih procesa za testiranje nove fizike na budućim linearnim sudaračima čestica.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Blaženka Melić	Institucija: irb
Suvoditelj:Prof. Dr. Sc. Amon Ilakovac	Institucija: pmf
Anomalni magnetni momenti elektrona i muona - g-2	
Anomalni magnetni momenti elektrona i muona su među najbolje određenim fizikalnim veličinama u Standardnom modelu. Godine 2021., publicirani su rezultati najnovijih mjerenja anomalnog magnetnog momenta muona koji ukazuju da je razlika u odnosu na teorijska predviđanja trenutno 4.2 , što je malo ispod 5 (standardne devijacije) koja se traži da bi se priznalo otkriće, u ovom slučaju neslaganja sa Standardnim modelom, odnosno otkriće neke nove fizike. U diplomskom radu će se opisati teorijski status računa anomalnih magnetnih momenata leptona, te će se izračunati relevantni doprinosi na nivou jedne petlje. Kako za računanje Feynmanovih dijagrama koji opisuju interakcije elementarnih čestica postoje brojne analitičke i numeričke metode, ti računi će biti izvedeni pomoću nekoliko različitih tehnika (Feynmanova parametrizacija i dimenzionalna regularizacija; Cutkosky pravila; Mellin-Barns metoda...), analitički i uz pomoć Mathematica paketa, tako da će se student upoznati i s različitim tehnikama računa dijagrama u fizici čestica.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tea Mijatović	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Mjerenje udarnog presjeka u reakcijama prijenosa mnogo nukleona	
<p>Nuklearne reakcije prijenosa mnogo nukleona u kojima projektil i meta izmijene mnoštvo protona i neutrona koriste se već godinama za dobivanje neutronske bogatih jezgara oko lakog partnera. S druge strane, korištenje tih reakcija za dobivanje protonski bogatih jezgara moguće je samo u dobro izabranim sustavima. Razumijevanje mehanizma reakcije uvelike ovisi o mjerenju karakterističnih veličina poput kutnih raspodjela ili apsolutnog udarnog presjeka, te njihovom usporedbom s teorijom. Cilj ovog rada je precizno odrediti udarne presjeke u reakciji prijenosa mnogo nukleona $^{92}\text{Mo}+^{54}\text{Fe}$ mjerenoj iznad i oko kulonske barijere. Mjerenje je izvršeno magnetskim spektrometrom PRISMA u Legnaro National Laboratories, INFN, Italija. Korištenjem protonski bogatih jezgara, pobuđeni su kanali pobiranja i ogoljavanja protona i neutrona. Kanali pobiranja protona u mjerenjima oko kulonske barijere do sada su samo nekoliko puta identificirani u atomskom i masenom broju, te im je određen udarni presjek, korištenjem neutronske bogatijih projektila. U radu će se usporediti rezultati mjerenja na dvije energije kako bi se pratila promjena karakterističnih veličina s energijom snopa. Eksperimentalne opažene vrijednosti će se usporediti sa složenim modelima koji uzimaju u obzir dinamiku reakcije i sve važnije elementarne stupnjeve slobode kako bi bolje shvatili sam mehanizam reakcije. Bolje shvaćanje mehanizma reakcija prijenosa mnogo nukleona danas je od velikog interesa za pobuđenje jezgara daleko od doline stabilnosti na radioaktivnim postrojenjima nove generacije.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Emil Tafra	Institucija: pmf
Uloga pH vrijednosti koloidnih otopina u pojavi površinski pojačanog Ramanovog raspršenja	
<p>Koloidne otopine metalnih nanočestica pogodne su za ispitivanje vezanja molekula od interesa u medicini, farmaciji, biologiji i kemiji, jer se Ramanovom spektroskopijom može detektirati veliko pojačanje intenziteta raspršenog svjetla ukoliko nastupa vezanje. Jedan od bitnih uvjeta vezanja srebrnih nanočestica jeste da molekula raspolaze pozitivno nabijenom atomskom grupom, te se u tu svrhu pripremaju otopine odabranog pH. Studentica/student bi imala/imao zadatak pripremiti desetak otopina odabranih molekula te za njih provjeriti postoji li vezanje na srebrne nanočestice koristeći UV-VIS i Ramanovu spektroskopiju, te dinamičko raspršenje svjetla uz određivanje zeta potencijala. Reference: 1. Mohaček Grošev, Vlasta; Brljafa, Sandro; Škrabić, Marko; Marić, Ivan; Blažek Bregović, Vesna; Amendola, Vincenzo; Ropret, Polona; Kvaček Blažević, Anita: Glucosamine to gold nanoparticles binding studied using Raman spectroscopy // Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy, 264 (2022), članak broj: 120326, 8 stranica. 2. Mohaček Grošev, Vlasta; Gebavi, Hrvoje; Bonifacio, Alois; Sergio, Valter; Daković, Marko; Bajuk-Bogdanović, Danica: Binding of p-mercaptobenzoic acid and adenine to gold-coated electroless etched silicon nanowires studied by surface-enhanced Raman scattering // Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy, 200 (2018), 102-109.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Simone Montangero	Institucija: Padova
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Tamara Nikšić	Institucija: pmf
Tree Tensor Networks for quantum many-body systems at finite temperature (voditelj S. Montangero, Sveučilište u Padovi)	
<p>Quantum entanglement lies at the heart of our understanding of quantum many-body systems and is a pivotal resource for the development of quantum technologies. Thus, the task of characterizing and quantifying the entanglement of a generic quantum state is crucial from both theoretical and experimental points of view. However, the estimation strategies for the entanglement of mixed quantum states at finite temperature require minimizations in spaces where the number of parameters scales exponentially with the system sizes, and thus their application is restricted to small physical systems. In this framework, Tree Tensor Networks can be exploited to overcome this problem, efficiently compressing the information contained in the density matrices of mixed quantum states. This approach allows the computation of bipartite entanglement measures, such as the entanglement of formation, which are extremely useful to characterize quantum correlations in the regime of finite temperature [1]. In this thesis work, we want to apply Tree Tensor Network algorithms to numerically study quantum systems composed of Rydberg atoms and ions at finite temperature, with a particular focus on the entanglement properties of their quantum states at thermal equilibrium. [1] L. Arceci, P. Silvi, and S. Montangero, http://arxiv.org/abs/2011.01247 PRL in press</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	
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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Tamara Nikšić	Institucija: pmf
Izrada simulacija u teorijskoj fizici pomoću programskog jezika Python	
Programski jezik Python predstavlja idealan alat, kako za učenje programiranja, tako i za pojašnjavanje osnovnih fizikalnih koncepata u osnovnim i srednjim školama. Jednostavna sintaksa i velik broj gotovih programskih paketa, kao i činjenica da se radi o besplatnom programskom jeziku čine Python dostupnim širokom krugu nastavnika i učenika. Posebno pogodan za rad u školama je paket VPython koji pruža mogućnost jednostavnog programiranja grafičkih prikaza rješenja različitih fizikalnih problema s naglaskom na animacijama. U okviru predloženog rada student bi izradio numeričke simulacije pogodne za ilustraciju nekog od standardnih problema teorijske fizike. Time bi učenicima mogao predočiti neke od zanimljivih fizikalnih pojava.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: dr. sc. Ivan Nišandžić	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Sanjin Benić	Institucija: pmf
Raspad Higgsovog bozona na foton i nevidljive čestice u Standardnom Modelu	
Od otkrića Higgsovog bozona (H) s masom od 125 GeV godine 2012., LHC eksperimenti CMS i ATLAS uložili su veliki napor u precizno određivanje njegovih interakcija. Mogući učinak fizike izvan Standardnog Modela su odstupanja izmjerenih rezultata od njihovih teorijskih predviđanja. Do danas su eksperimentalne kolaboracije CMS i ATLAS proučavali vezanja otkrivenog Higgsovog bozona s W i Z bozonima, tau leptonima, b- i top kvarkovima, kao i fotonima. S povećanjem eksperimentalnih podataka, pored navedenih dominantnih kanala raspada, bit će zanimljivi i neki rijetki kanali raspada. Rijetki Higgsovi raspadu posebno su osjetljivi na fiziku izvan Standardnog Modela i mogli bi, na primjer, ispitati scenarije u kojima se sektori tamne materije spajaju s Higgsovim dubletom putem takozvanih "portalnih" interakcija. Radijacijski raspad Higgsovog bozona na foton i nevidljive čestice analizirani su i teorijski i eksperimentalno. Očito, samo se foton, ili točnije, foton i nedostajuća energija, mogu promatrati u tim raspadima eksperimentalno. U Standardnom Modelu ulogu nevidljivih čestica imaju parovi neutrina. U scenarijima nove fizike ovaj kanal raspada može biti složeniji budući da bi nevidljive čestice mogle biti, osim neutrina, i druge nove električno-neutralne čestice kojih nema u Standardnom modelu. Predviđeno je da student izračuna glavne doprinose unutar Standardnog Modela ukupnoj i diferencijalnoj raspodjeli raspada kanala Higgsovog bozona u par neutrina i foton. Ovi doprinosi nastaju u jednoj petlji iz dva para trokut dijagrama. Ovaj bi zadatak trebao pomoći studentu da stekne određeno iskustvo s tehnikama proračuna u jednoj petlji i produbi znanje o interakcijama Standardnog Modela. Nadalje, predviđeno je da student prouči moguće utjecaje na ovaj proces unutar pojednostavljenih modela tamnog sektora.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Kosuke Nomura	Institucija: pmf
Suvoditelj: doc. dr. sc. Kosuke Nomura	Institucija: pmf
Microscopic and algebraic theory of exotic nuclear structure and beyond	
<p>The collective excitations and the related decay properties are prominent aspects of low-energy nuclear structure. Experimental programs around the world using radioactive-ion-beams have produced a wealth of new data on thus far unknown (exotic) nuclei, which allow for an unprecedented opportunity to test and improve the accuracy of theoretical models. On the other hand, a quantitative description of the nuclear low-lying states based on the underlying multi-nucleon dynamics is highly complicated especially for heavy nuclei, hence has been among the most challenging tasks in theoretical nuclear physics. We would like to explore the outstanding open problems in nuclear structure studies, including the quantum phase transitions, shape coexistence, pear-shaped nuclear deformations, and the possible applications to fundamental nuclear processes such as the beta and double-beta decays, the latter being a stringent test of the Standard Model of elementary particles. To access these nuclear phenomena, an innovative theoretical method that is developed by combining a microscopic nuclear many-body theory, including the nuclear energy density functional framework, with the macroscopic nuclear structure models (such as the algebraic, and geometrical collective models) is employed.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Algoritmi za poravnavanje bioloških nizova s primjenom na proteine virusa	
<p>U bioinformatici, poravnanje nizova (ili sekvenci) je način raspoređivanja primarnih sekvenci DNA, RNA ili proteina kako bi se odredile regije sličnosti koje mogu biti posljedica funkcionalnih, strukturnih ili evolucijskih odnosa između nizova. Ako dva niza u poravnanju dijele zajedničkog pretka, nepodudarnosti se mogu tumačiti kao točkaste mutacije, a praznine kao mutacije umetanja ili brisanja uvedene u jednu ili obje loze u vremenu kad su se razišle. U poravnavanju proteinskih sekvenci, stupanj sličnosti između aminokiselina koje zauzimaju određenu poziciju u nizu može se interpretirati kao gruba mjera koliko je određena regija ili motiv sekvence očuvan među lozama. Odsutnost supstitucija, ili prisutnost samo vrlo konzervativnih supstitucija (supstitucija aminokiselina čiji bočni lanci imaju slična biokemijska svojstva) u određenoj regiji sekvence, sugeriraju da ova regija ima strukturnu ili funkcionalnu važnost. Iako su nukleotidne baze DNA i RNA sličnije jedna drugoj nego aminokiselinama, očuvanje uparivanja baza može ukazivati na sličnu funkcionalnu ili strukturnu ulogu. Vrlo kratke ili vrlo slične sekvence mogu se poravnati ručno; međutim, najzanimljiviji problemi zahtijevaju poravnavanja dugih, vrlo varijabilnih ili iznimno brojnih sekvenci koje se ne mogu uskladiti isključivo ljudskim naporom. Računalni pristupi poravnavanju nizova općenito spadaju u dvije kategorije: globalna poravnanja i lokalna poravnanja. Određivanje globalnog poravnanja oblik je globalne optimizacije koja vodi poravnanje tako da se proteže cijelom dužinom svih nizova upita. Suprotno tome, lokalna poravnanja određuju regije sličnosti unutar dugih sekvenci koje se općenito jako razlikuju. Lokalna poravnanja često su poželjnija, ali ih može biti teže izračunati zbog dodatnog izazova identificiranja regija sličnosti. Cilj ovog diplomskog rada je opisati, analizirati i primijeniti računalne algoritme za problem poravnanja sekvenci, uključujući spore, ali formalno optimizirajuće metode poput dinamičkog programiranja i učinkovite heurističke algoritme za pretraživanje baze podataka. Praktični dio rada uključuje istraživanje sličnosti između pojedinih varijanti viralnih proteina, npr. protein šiljka (engl. spike protein) u varijantama SARS CoV i SARS CoV 2 virusa. Od studenta se očekuje izvrsnost u programiranju i dobro poznavanje algoritama, a posebno dinamičkog programiranja.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Algoritmi za pretraživanje cjelovitog transkriptoma s primjenom na diferencijalnu ekspresiju gena nakon perinatalne hipoksije mozga štakora (voditeljica dr. sc. Nataša Jovanov Milošević, MEF)	
<p>S biološke strane je pokazano da i kratkotrajna generalizirana hipoksija tijekom perinatalnog razdoblja mijenja kognitivno i socialno ponašanje štakora koje ostaje prisutno u adolescentskoj i odrasloj dobi. Štoviše, poznato je i da nakon perinatalne hipoksije ostaju dugotrajne promjene i u kortikalnoj strukturi i neuronskim krugovima, primarno GABAergičkim, parvalbumin pozitivnim interneuronima. Smatra se da ove dugotrajne promjene kortikalne organizacije nakon hipoksije nisu posljedica post-transkripcijskih promjena već da je trajno promjenjena regulacija ekspresije gena ili epigenom, pa time i transkriptom. Od studenta se očekuje razvoj algoritama za pretraživanje cjelovitog transkriptoma primjenom metodologije iz pretraživanje uzoraka i poznatih algoritama za pretraživanje stringova, koji će omogućiti uvid u diferencijalno ekspimirani dio genoma i time ukazati na važne razvojne procese kao i stanične populacije u perinatalnom razdoblju. Ovi uvidi temeljne su spoznaje za razumijevanje patofiziologije fetalnog i neonatalnog mozga kao preduvjet za razvoj terapijskih pristupa u perinatalnoj medicini, a s obzirom na veličinu transkriptoma zahtijevaju fine modifikacije poznatih algoritamskih pristupa. Od studenta se očekuje izvrsnost u programiranju, poznavanju osnovnih algoritama i pripadnih struktura za pretraživanje stringova. Budući da praktični dio ovog rada uključuje obradu velikih bioloških podataka i njihovu algoritamsku analizu, od studenta se očekuje i malo istraživačkog duha.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Primjena proširene stvarnosti u nastavi iz prirodoslovnih predmeta u osnovnim i srednjim školama	
<p>Školski su udžbenici iz prirodoslovnih predmeta često bogati primjerima koji učenicima olakšavaju predodžbu, a onda i usvajanje određenog pojma ili koncepta. Međutim, u dvodimenzionalnom udžbeniku često se prikazuju primjeri koji opisuju trodimenzionalne pojave, procese i modele. Pri tome se javljaju poteškoće u predodžbi odnosno vizualizaciji istih na koje učenici nerijetko nailaze. Te bi se poteškoće mogle smanjiti, a možda čak i izbjeći prikazivanjem tih primjera u trodimenzionalnom prostoru. Cilj je ovog rada kroz odabrane primjere iz prirodoslovlja pokazati kako se neki modeli ili procesi mogu prikazati na brz i jednostavan način koristeći proširenu stvarnost. Proširena se stvarnost može implementirati pomoću paketa Vuforia koji se nalazi unutar softvera za razvoj i upravljanje videoigara Unity. Ovaj je programski paket baziran na sintaksi objektno orijentiranog jezika C#, a gotova se aplikacija može pokrenuti i na pametnim telefonima. Kada bi kamera pametnog telefona detektirala stacionarnu sliku nekog modela, aplikacija bi prikazala trodimenzionalni prikaz tog istog modela. Cilj praktičnog dijela ovog rada je prikazati razne primjere proširene stvarnosti koji su bazirani na temama iz fizike, kemije, matematike i biologije.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: Doc. dr. sc. Andrej Novak	Institucija: pmf
Primjena Cahn-Hilliardove jednadžbe u obradi digitalne slike	
<p>Cahn-Hilliardova (CH) jednadžba je prvobitno izvedena kao model koji opisuje razdvajanja faza u binarnim legurama. Od tada je našla primjenu u problemima kao što su spinodalni raspad, obrada digitalne slike, višefazni tokovi tekućina, mikrostrukture s elastičnom nehomogenošću, simuliranju rasta tumora i dr. Cilj ovog diplomskog rada je predstaviti osnove teorijske rezultate vezane za CH jednadžbe i fokusirati se na primjene iz područja obrade digitalne slike, a posebno na problem uslikavanja digitalne slike (engl. image inpainting). Uslikavanje digitalne slike se često koristi za rekonstruiranje oštećenih područja slike na temelju podataka iz poznatih područja. Od kandidata se očekuje izvrsnost u programiranju, osnovno poznavanje parcijalnih diferencijalnih jednadžbi i pripadnih metoda za njihovo numeričko rješavanje.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Sinteza monokristala magnetskih Diracovih sustava	
Diracovi sustavi su materijala s linearnom energijskom disperzijom u okolini Fermijeve energije. Relativno nedavno pronađeni su Diracovi materijali s magnetskim uređenjem. U diplomskom radu glavni naglasak će biti sinteza i njezina optimizacija radi dobivanja nekoliko vrsta visoko kvalitetnih monokristala Diracovih sustava s magnetskim uređenjem koje potječe od Eu atoma. Uz sintezu kandidat će steći iskustva u strukturnoj karakterizaciji materijala te niskotemperaturnim transportnim i magnetskim mjernim tehnikama.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Novak	Institucija: pmf
Nodalni Diracovi polumetali – traženje novih putova sinteze monokristala BaNiS₂	
Nodalni Diracovi sustavi su materijala s linearnom energijskom disperzijom u okolini Fermijeve energije. U navedenim materijalima vodljiva i valentna vrpca sijeku se duž linije ili petlje u k-prostoru. U diplomskom radu glavni naglasak će biti sinteza i njezina optimizacija radi dobivanja nekoliko vrsta visoko kvalitetnih monokristala nodalnih Diracovih sustava s naglaskom na BaNiS ₂ . Uz sintezu kandidat će steći iskustva u strukturnoj karakterizaciji materijala te niskotemperaturnim transportnim i magnetskim mjernim tehnikama te načinima karakterizaciji materijala.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Dino Novko	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. Dr. Sc. Ivan Kupčić	Institucija: pmf
Formiranje vala gustoće naboja u dihalkogenidima prijelaznih metala	
Posljednjih godina veliki broj teorijskih i eksperimentalnih istraživanja pokušalo je dati odgovor na pitanje koji je uzrok formiranju vala gustoće naboja (eng. charge density wave ili CDW) u trodimenzionalnim i dvodimenzionalnim dihalkogenidima prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides ili TMD). Fokus je uglavnom bio na metalnim TMD-ovima gdje dobar dio radova upućuje na poveznicu između elektron-fonon vezanja i pojave CDW faze. Nakon takvih saznanja postavlja se pitanje o mogućnosti formiranja CDW-a u poluvodičkim TMD-ovima, gdje isto dolazi do mekšanja fononskih modova uslijed dopiranja (pa tako i do strukturalne nestabilnosti) i gdje je elektron-fonon vezanje vrlo značajno. Nekoliko teorijskih i eksperimentalnih radova upućuju na strukturalne promjene u dopiranom molibden disulfidu (npr., 1H --> 1T'), no formiranje CDW faze i pripadne strukturalne promjene nisu diskutirane. Koristeći se teorijom funkcionala gustoće istražiti će se utjecaj CDW-a na elektronske vrpce i fononske energije u dopiranim poluvodičkim TMD-ovima. Preliminarni rezultati pokazuju vrlo jako mekšanje akustičkih fonona u M točki Brillouin zone te jasnu tendenciju sustava da promjeni strukturnu fazu.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Upotreba micro:bita u razumijevanju valova u fizici	
Valovi u prirodi su važna tema u fizici i tehnologijama. Cilj ovog rada je osmisliti upotrebu mikrokontrolera u konstrukciji pokusa u nastavi fizike kojima bi se učenicima približili temeljni koncepti mehaničkih i elektromagnetskih valova.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Upotreba mikrokontrolera u nastavi fizike	
Mikrokontroleri omogućavaju široku primjenu u nastavi fizike. U ovom radu ćemo dati pregled što mikrokontroleri donose u nastavu posebice u kontekstu istraživački orijentirane i projektne nastave. Kroz primjere ćemo prikazati njihovu upotrebu u okviru pojedinih tema iz kurikuluma.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike	

Voditelj: doc. dr. sc. Dalibor Paar	Institucija: pmf
Klimatske promjene u nastavi fizike	
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.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Magnetski prijelazi u egzotičnim atomskim jezgrama	
Ekstremne vrijednosti izospina egzotičnih jezgri daleko od stabilnosti, kao i njihovo slabo vezanje, otkrivaju nove strukturne fenomene kao što je neutronska "halo" i neutronska omotač, koji igraju važnu ulogu u razumijevanju nuklearnog problema mnoštva čestica i njihovog međudjelovanja. Prilikom pobuđenja, ovakve jezgre mogu rezultirati kolektivnim gibanjem slabo vezanih nukleona, što rezultira pojavom egzotičnih rezonancija koje se danas mogu i eksperimentalno mjeriti, npr. raspršenjem fotona, protona, alfa čestica na jezgama ili u relativističkim sudarima teških iona. Takvi modovi su interesantni ne samo kao novi fizikalni fenomeni, nego igraju i važnu ulogu u procesima od značaja za astrofiziku. U okviru ove teme predviđeno je teorijsko istraživanje magnetskih prijelaza u egzotičnim atomskim jezgrama temeljem teorijskog formalizma zasnovanog na relativističkom energijskom funkcionalu gustoće i kvazičestičnoj aproksimaciji slučajnih faza. Koristeći numeričku implementaciju modela, bit će istražene reducirane vjerojatnosti prijelaza, struktura najvažnijih pobuđenih stanja, odnosno mogućnosti postojanja novih, dosad nepoznatih modova magnetskih pobuđenja u egzotičnim jezgrama.	
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	
U okviru ove teme predviđen je teorijski opis nuklearnih reakcija uhvata neutrona koje se odvijaju tijekom evolucije supernove tipa IIa, kao i u sudarima neutronske zvijezde i igraju značajnu ulogu u sintezi kemijskih elemenata u r-procesu. Istraživanja uključuju razmatranje teorijskog formalizma za opis (n, gamma) reakcija, i primjena postojećih alata za modeliranje udarnih presjeka, kao i njihov izračun u uvjetima konačne temperature tijekom različitih faza evolucije zvijezda. Istražit će se ovisnost udarnih presjeka o različitim nuklearnim svojstvima uključenim u modelu, primjerice energijama vezanja, gustoći stanja, spektru pobuđenih stanja, itd. Razmotrit će se učinci konačne temperature. Koristeći izračunate udarne presjeke, odredit će se stope reakcija u uvjetima konačne temperature, i razmotrit će se mogućnosti njihovog uključivanja u modeliranje r-procesa. Teorijski opis ovakvih procesa zahtijeva numeričku implementaciju, pa je predviđeno korištenje naprednijih numeričkih metoda i klaster računala na Fizičkom odsjeku u proračunima. Ova tema je prikladna za izradu više diplomskih radova.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj:Izv. prof. dr. sc. Damir Pajić	Institucija: pmf
Istraživanje magnetskih svojstava materijala pomoću preciznih magnetometara	
<p>Za istraživanje magnetskih svojstava materijala koriste se različiti magnetometri. Student će se upoznati sa konstrukcijom i načinom rada današnjih najčešćih izvedbi magnetometara, kao što su SQUID magnetometar i magnetometar s vibrirajućim uzorkom. U Laboratoriju za istraživanje magnetskih i električnih pojava provest će neka osnovna mjerenja na odabranim magnetskim materijalima (mješovitim oksidima metala ili metaloorganskim spojevima) te ih analizirati, interpretirati i staviti u kontekst istraživanja magnetskih svojstava novih materijala.</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. Damir Pajić	Institucija: pmf
Magnetsko i električno ponašanje odabranog multiferoičnog materijala	
<p>Magnetoelektrični multiferoici pokazuju istovremeno dvije vrste uređenja, a naročito je zanimljivoako su ona međusobno povezana tako da se električnim poljem može utjecati na magnetsko stanje te magnetskim poljrm na električno. Multiferoičnost s magnetskim i električnim uređenjem može se javiti u različitim vrstama materijala, od složenih oksida metala, do metalo-organskih kompleksnih spojeva. Unutar diplomskog rada istražiti će se magnetsko i po mogućnosti električno ponašanje odabranog potencijalno magnetoelektričnog multiferoičnog spoja. Eksperimentalno istraživanje obuhvatit će mjerenja magnetizacije, zatim utjecaja električnog polja na nju, te električne polarizacije i utjecaja magnetskog polja na nju ukoliko se pokaže primjenjivo. Pružit će se i mogućnost sudjelovanja u sintezi novog materijala te istraživanju njegove strukture, ali nije nužno. Također, moguće je programiranje mjernih uređaja, ali nije nužno. Student će napraviti cjelovito eksperimentalno istraživanje unutar Laboratorija za istraživanje magnetskih i električnih pojava te dati zaokruženu sliku ponašanja i objašnjenja odabranog složenog magnetskog sustava.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Lovro Palaversa	Institucija: irb
Suvoditelj:Prof. dr. sc. Krešimir Pavlovski	Institucija: pmf
Kalibracija period-luminozitet relacija promjenjivih zvijezda tipa Mira	
<p>Određivanje udaljenosti u svemiru temeljni je problem astrofizike i astronomije. S tom svrhom razvijena je zbirka metoda za mjerenje udaljenosti izvan Sunčeva sustava, nazvana kozmička ljestvica udaljenosti. Prva "stepenica" u ljestvici se temelji na metodi trigonometrijske paralakse, jedinoj metodi koja ne uključuje astrofizičke pretpostavke o prirodi objekta čija udaljenost se određuje. Danas je moguće pouzdano odrediti paralakse reda veličine 10 kutnih mikrosekundi, tj. samo za zvijezde u Mliječnom putu. Druga stepenica u ljestvici udaljenosti se temelji na poznavanju luminoziteta objekta čija udaljenost se određuje i zakonu očuvanja energije (gustoća toka zračenja opada s kvadratom udaljenosti). Mire su asimptotske divovske zvijezde spektralnih tipova M, S ili C. Promjenjivog su sjaja, s periodima pulsacija od oko 80-1000 dana i velikim amplitudama oscilacija u vidljivom (do 5 mag) i infracrvenom spektru. Mire slijede period-luminozitet relaciju, tj. postoji relacija koja povezuje luminozitet Mira s periodom njihovih oscilacija. Uz odgovarajuću kalibraciju ta relacija se može koristiti za određivanje udaljenosti. U predloženom diplomskom radu, student/ica će kalibrirati period-luminozitet relacije pomoću podataka prikupljenih satelitom Gaia te pregledima neba (Two-Micron All Sky Survey, All-Sky Automated Survey for Supernovae i sl.). Rezultati će biti uspoređeni s literaturom.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike</p>	

Voditelj: dr. sc. Lovro Palaversa	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	Institucija: pmf
Potruga za dvojnim sustavima supermasivnih crnih rupa	
<p>Jedna od mogućih posljedica sudara dvaju galaksija u centrima kojih se nalazi supermasivna crna rupa (SMCR) je nastanak gravitacijski povezanog, dvojnog sustava supermasivnih crnih rupa s orbitama od 1-100 kpc. Zbog gubitka energije u sukcesivnim orbitama (u prvom redu kroz dinamičko trenje), predviđa se i stapanje SMCR iz takvih sustava te emisija gravitacijskih valova. Iako postoji relativno velik broj kandidata za navedene sustave, u prvom redu se radi o dvojnim jezgrama aktivnih galaksija koje se nalaze na velikim udaljenostima. Zbog velikih udaljenosti od Zemlje spektrografi ne mogu razlučiti individualne spektralne linije zvjezdanih komponenti svake od jezgara, te iz njihove dinamike potvrditi radi li se doista o gravitacijski povezanim sustavima. Motivacija za ovaj diplomski rad je nedavno objavljen članak o prvom dinamičkom otkrivanju sustava dvojnih crnih rupa (Voggel et al. 2021, arXiv:2111.14854). Predlaže se potraga za kandidatima dvojnih sustava supermasivnih crnih rupa kutne udaljenosti veće od ~0.1 kutne sekunde, što je trenutna granica razlučivosti postojećih spektrografa. U istraživanju će se koristiti podaci prikupljeni satelitom Gaia oplemenjeni dostupnim podacima iz drugih dijelova elektromagnetskog spektra.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Luka Pavelić	Institucija: imi
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Damir Bosnar	Institucija: pmf
Razvoj elektroničkog dozimetra za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta	
<p>U medicinskoj fizici i zaštiti od zračenja, dozu ionizirajućeg zračenja koju je apsorbiralo ljudsko tijelo nije moguće direktno izmjeriti već se procjenjuje se na osnovi izračuna i mjerenja operativnih veličina. Procjena doze koju su primile osobe profesionalno izložene zračenju i pripadnici opće populacije temeljni je dio programa zaštite od zračenja. U okviru diplomskog rada biti će razvijen elektronički dozimetar koji se temelji na scintilacijskom detektoru. Dozimetar će biti namijenjen mjerenju ambijentalnog doznog ekvivalenta ($H^*(10)$), operativne veličine za radiološki nadzor prostora i okoliša na temelju koje je moguće procijeniti dozu koju su primili ljudi. Razvoj dozimetra uključivati će izradu detektora, kompenzaciju energijskog odziva, naknadnu analizu mjerenih podataka u Root programskom paketu (root.cern.ch), te umjeravanje i evaluaciju mjernog lanca. Tijekom diplomskog rada student će upoznati osnovne dozimetrije zračenja te steći uvid u primjenu tehnologija moderne nuklearne instrumentacije u medicinskoj fizici i zaštiti od zračenja.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Izučavanje geneze pogrešaka u diobi živih stanica	
<p>Pogreške u podjeli kromosoma za vrijeme stanične diobe uzrokuju aneuploidiju, stanje neravnoteže u broju kromosoma. Takvo je stanje pogubno za razvoj embrija te ubrzava stvaranje tumora. Stoga je otkrivanje uzroka pogrešaka i njihov učinak na stanice ključno za razumijevanje aneuploidije. Da bi se razumjeli mehanizmi koji dovode do velike učestalosti pogrešaka, student/studentica će uvesti teorijski opis diobe stanica. Model će opisati procese koji se odvijaju prilikom formiranja diobenog vretena, uključujući i mehanizme koji dovode do pogrešaka te korekciju tih pogrešaka. Model će uključiti poznate procese koji se događaju prilikom formiranja diobenog vretena, a opaženi su izučavanjem živih stanica, dok će se za opis staničnog skeleta koristiti rezultati dobiveni in vitro istraživanjima. Pored toga, u modelu će se pratiti veliki broj staničnih dioba kako bi se dobila informacija o dinamici pogrešaka u višestrukim diobama živih stanica. Dobiveni teorijski rezultati će usporediti s pogreškama opaženim u živim stanicama, proučavanim u laboratorijima naših suradnika Instituta Ruđer Bošković, MIT-a te Instituta Hubrecht u Utrehtu.</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. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Proučavanje sila odgovornih za pozicioniranje kromosoma tokom diobe ljudskih stanica	
<p>Za vrijeme stanične diobe formira se diobeno vreteno, čija je funkcija ispravna podjela genetičkog materijala između stanica kćeri. Diobeno zamišljamo kao složeni mikro-stroj sastoji od mikrotubula, kromosoma i različitih dodatnih proteina, pri čemu sile koje reguliraju položaj kromosoma ključne za njegovo formiranje te potom i za uspješnu diobu genetskog materijala. Prilikom formiranja diobenog vretena, od ključne je važnosti da se kromosomi poravnavaju u ekvatorijalnoj ravnini. Da bi se opisale sile koje pozicioniraju kromosome, uvest će se model koji uključuje mikrotubule koji se protežu između sestrinskih kinetohornih vlakana, nazvani prenosni mikrotubuli te ostale poznate sile koje djeluju u diobenom vretenu: sile koje nastaju između mikrotubula i kinetohora, sile između centrosoma i mikrotubula, sile koje su prisutne u prenosnim mikrotubulima, a generiraju ih molekularni motori. Dobiveni će rezultati usporediti s izmjerenim položajima kromosoma u stanicama s prirodnom koncentracijom motornih proteina te u stanicama koje imaju te koncentracije izmijenjene, koje će omogućiti eksperimentalna grupa profesorice Ive Tolić s Instituta Ruđer Bošković.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

Voditelj: doc. dr. sc. Maja Planinić	Institucija: pmf
Učenički istraživački pokusi u valnoj optici	
<p>Valna optika, kao vrlo zahtjevna nastavna cjelina u srednjoj školi, traži pristup poučavanju preko eksperimenata, kroz istraživački usmjerenu nastavu fizike. Istraživanja provedena u sklopu HRZZ projekta IP-2018-01-9085 INVESTIGATE pokazala su da hrvatski srednjoškolci imaju velikih poteškoća u razumijevanju koncepata i pojava valne optike te da bi uključivanje više učeničkih istraživačkih pokusa u nastavu valne optike moglo pomoći razvijanju njihovog boljeg konceptualnog razumijevanja, ali i znanstvenog zaključivanja. Diplomand/ica će se upoznati s radom i dosadašnjim rezultatima projekta INVESTIGATE, te novom eksperimentalnom opremom za pokuse iz valne optike, koja je nabavljena u okviru projekta. Istražit će koje bi se sve istraživačke učeničke pokuse moglo pomoću te opreme osmisliti i provesti te kako bi ih se moglo uklopiti u redovnu istraživački usmjerenu nastavu fizike. Također će dati pregled najčešćih učeničkih poteškoća vezanih uz valnu optiku na temelju literature i rezultata projekta INVESTIGATE.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

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

Voditelj: dr. sc. Petar Popčević	Institucija: ifs
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Mario Basletić	Institucija: pmf
Slojeviti materijali budućnosti	
<p>Dihalkogenidi prijelaznih metala vruća tema istraživanja kako eksperimentalnog tako i teorijskog. Radi se o kvazi-dvodimenzionalnim materijalima koji su u fokusu znanstvenog interesa iz dva razloga: prvi je činjenica da je moguće sintetizirati atomski takne slojeve te se istražuje njihov potencijal za primjene u elektronici, spintronici i dr.; drugi razlog je njihova snižena dimenzionalnost (slojevita struktura) koja pospješuje korelacijske efekte što rezultira bogatstvom raznih osnovnih stanja. Ovisno o kemijskom sastavu oni mogu biti poluvodiči, polumetali i pravi metali, a neki od njih su i supravodljivi. Moguće ih je interkalirati magnetskim ionima te na taj način dobiti sustave u kojima koegzistiraju magnetski i metalni podsustavi. Međudjelovanje ovih dvaju sustava rezultira zanimljivim osnovnim stanjima kojima je moguće manipulirati primjenom vanjskog tlaka i/ili magnetskog polja. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od interkalata NbS₂ sustava kao što je Co_{1/3}NbS₂. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka od nekoliko GPa kao i magnetskog polja te mjerenjem fizikalnih veličina u ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u laboratoriju Instituta za fiziku u suradnji s laboratorijem za sintezu s PMFa te uz mogućnost međunarodne suradnje (TU Wien, EPFL).</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Petra Posedel Šimović	Institucija: agr
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Hamilton–Jacobi–Bellmanova jednadžba	
Hamilton-Jacobi-Bellmanova jednadžba je temeljna parcijalna diferencijalna jednadžba u teoriji optimalnog upravljanja. Teoriju dinamičkog programiranja uveli su Richard Bellman i suradnici sredinom prošlog stoljeća. U slučaju procesa koje promatramo u diskretnim vremenski trenucima jednadžbu obično nazivamo Bellmanova jednadžba. U kontinuiranom vremenu, ona se može promatrati kao produžetak ranijih radova u klasičnoj fizici baziranih na Hamilton-Jacobijevoj jednadžbi. Rješenje Hamilton-Jacobi-Bellmanove jednadžbe daje optimalni trošak za dani dinamički sustav s pridruženom funkcijom troška. Varijacijski problemi u klasičnoj mehanici, na primjer, problem brahistokrone krivulje mogu se riješiti ovom metodom, no značajno je da se navedena metoda može primijeniti i na stohastičke sustave. Rad bi pored teorijskog pregleda imao i primjenu u interdisciplinarnom području ekonofizike.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: prof. dr. sc. Miroslav Požek	Institucija: pmf
Demonstracijski pokus “Širenje radiovalova”	
U zbirci pokusa Fizičkog odsjeka nalazi se demonstracijski pokus “Izvor i širenje radiovalova” koji datira iz 1965. godine, a izrađen je uporabom cijevne elektronike. S godinama je zbog starosti uređaja izvor valova postao nestabilan te često dolazi do prekida emitiranja valova tijekom izvođenja pokusa. U sklopu ovog rada izradit će se novi izvor i detektor radiovalova frekvencije 150 MHz, te će se analizirati razni efekti koji se takvim pokusom mogu vizualizirati (transverzalnost valova, refleksija, stojni valovi, širenje kroz sredstvo, itd.) Osim eksperimentalnog i teorijskog dijela, rad će imati i metodički dio o načinu izvođenja pokusa pred učenicima srednjih škola i studentima nižih godina.	
Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Georgios Provatas	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Discrimination of neutron from gamma radiation in diamond detectors	
Single crystal diamond radiation detectors have in certain conditions higher radiation hardness compared to silicon. In many applications, it is important to discriminate fast neutron from gamma radiation, which is done conventionally with pulse shape discrimination. However, at low operating temperatures (<70 K), this discrimination is difficult to perform as signals are reduced in amplitude. In such circumstances, another discrimination technique would be needed. One of the possibilities would be specific arrangements of electrodes organized in strips comparable in distance with average range of radiation that has to be discriminated from gammas detected in diamond detector. Within this diploma work, the response of diamond detectors having specific electrode arrangements will be used to measure the detection efficiencies for gamma radiation and fast neutrons. Alpha particles will be used in order to emulate the detector response to fast neutrons. The results will be evaluated by comparison with Monte Carlo simulations, carried out within the Geant4 framework. The latter will be also used to determine the optimum geometry of the electrodes.	
Tema je za smjer(ove) Magistar 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 jednačbe u statičkoj i dinamičkoj granici. Heterostruktura, spoj dielektrik-feroelektrik ispoljava vrlo posebno svojstvo tzv. "negativnog električnog kapaciteta" do kojeg dolazi fiksiranjem rubnih uvjeta rješenja spomenutih jednačbi na granici spoja. Drugi način realizacije ovog svojstva je korištenjem tzv. Landauovih domena suprotne orijentacije polarizacije, koje se spontano formiraju, a čije veličine ovise o električnom polju kojem je izložen feroelektrik. Ovakvo svojstvo ima potencijalno vrlo važnu mogućnost primjene u fizici samopobuđenih oscilatora, pa i metamaterijala ako se odziv na vremenski ovisnu elektromagnetsku pobudu pokaže širokopolasnim. U tom cilju, u okviru ovog rada trebaće formulirati problem heterostrukture dielektrik-feroelektrik u kojem se formiraju Kittelove domene regulirane samosuglasno generiranim totalnim električnim poljem (u smislu povratne veze). Očekujemo da spoj odlikuje negativni električni kapacitet s maksimalnim odzivom u terahertznom području. Bit će analizirana strujno-naponska karakteristika kruga koja sadrži ovu heterostrukturu u smislu istraživanja dinamičke nestabilnosti koja bi vodila na samopobuđene oscilacije u terahertznom području. Druga motivacija za istraživanje "negativnog električnog kapaciteta", pokrivena u ranijim radovima, je svakako u razvoju digitalne tehnologije, napose tehnologije FET tranzistora korištenih u konstrukciji računalnih procesora. Pojavio se, naime, fundamentalni problem donje granice promjene potencijala na kanalu FET-a, koja izazove promjenu struje, od 60 mV po dekadi. Ovo je rezultiralo stagnacijom operativne frekvencije procesora na cca. 2 GHz, a ostvarivanje napretka u brzini obrade podataka postiže se isključivo paralelizmom jezgri. Dodani sloj feroelektričnog materijala na dielektrik ispod vrata FET-a efektivno se ponaša poput serijskog spoja dva kapacitora od kojih jedan ima negativni kapacitet. Isti se ponaša poput transformatora napona temeljenog na pozitivnoj povratnoj sprezi koja dolazi od mikroskopskih stupnjeva slobode feroelektrika. Ovaj mehanizam omogućava prevazilaženje granice od 60 mV po dekadi i ima potencijalno važne konsekvence za digitalnu tehnologiju.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

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

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

Voditelj: dr. sc. Andelo Samsarov	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Maro Cvitan	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. [Poveznica na životopis: https://epp.hrzz.hr/userdocsImages/zivotopisi/1153.pdf?v=2.1.2022.%2021:56:01]</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Anđelo Samsarov	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Reprezentacije Lievih algebri i primjene u fizici	
<p>Simetrije imaju presudnu ulogu u fizici, posebno u kvantnoj teoriji, gdje se stanja čestica mogu klasificirati prema ireducibilnim reprezentacijama dane grupe simetrija. Teorija Lievih algebri pruža prirodan matematički okvir za njihov opis i ima važnu ulogu u modernim fizikalnim teorijama. Cilj rada je prezentirati matematičke osnove teorije reprezentacija Lievih grupa i algebri te ilustrirati njihovu primjenu na konkretne fizikalne probleme, koji se mogu prilagoditi interesima studenta. Konkretni fizikalni problemi uključuju široko područje tema kao što su: primjena simetrične grupe i tenzorskih metoda na dekompoziciju reprezentacija dane grupe na njene ireducibilne reprezentacije, detaljna rekonstrukcija Gell-Mann&Ne'emanove organizacijske sheme za klasifikaciju subatomske čestice prema SU(3) multiplima, izborna pravila, kao i primjene teorije Lievih algebri na klasične i kvantne integrabilne sustave. Više matematički orijentirani studenti mogu istražiti vezu između grupa simetrija i specijalnih funkcija matematičke fizike, kao primjerice vezu između grupe rotacija i kuglinih funkcija, te vezu između Euklidove grupe i Besselovih funkcija.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Neven Santic	Institucija: ifs
Suvoditelj: Doc. Dr. Sc. Marinko Jablan	Institucija: pmf
Kontrola propagacije svjetlosti u nehermitskom dielektricnom mediju	
<p>Iz osnova linearne algebre poznato je da hermitski operatori uvijek imaju realne spektre vlastitih vrijednosti. Međutim, tek relativno nedavno je otkriveno i da određene klase nehermitskih operatora, koji opisuju fizikalne sustave sa lokalnim izvorima i ponorima energije, mogu u posebnim slučajevima imati realne spektre. Iako se implikacije tog rezultata za kvantnu fiziku trenutno još istražuju, klasična optika pokazala se kao plodno tlo za razne primjene. U zadnjih nekoliko godina često se proučavaju dizajni nehermitskih dielektrika sa svojstvima koja je nemoguće postići s konvencionalnim materijalima. Jedno od tih atraktivnih svojstava je i propagacija laserske zrake kroz raspršujući nehermitski dielektrik bez modulacije intenziteta, što istog čini nevidljivim za vanjskog promatrača, te dosad nikada nije opaženo u eksperimentu. Cilj ovog diplomskog rada je postaviti eksperiment za opažanje tog fenomena u vrućim parama rubidija. Detaljna manipulacija optičkih potencijala, koju taj atomski sustav omogućuje i koja će se demonstrirati u toku izrade rada, pruža brojne nove mogućnosti za kontrolu propagacije laserske zrake.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zdravko Siketić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Matko Milin	Institucija: pmf
Karakterizacija kvantnih color centara u dijamantu pomoću Ion Beam Induced Luminescence (IBIL) metode	
<p>Jedna od tehnologija koja se koristi za potencijalne primjene u razvoju kvantnih računala i senzora jest implantacija pojedinačnih iona sa ciljem formiranja kvantnih centara u materijalima kao što je npr. dijamant. Od posebnog interesa su kvantni centri koji emitiraju fotone u spektru vidljive svjetlosti (tzv. color centri). U Laboratoriju za interakcije ionskih snopova IRB-a se već niz godina radi implantacija iona različitih vrsta, energija i doza, u suradnji s partnerima sa Sveučilišta u Torinu. Kako bi omogućili provjeru učinkovitosti stvaranja kvantnih color centara planira se prilagoditi postojeća metoda, Ion Beam Induced Luminescence (IBIL) za optičku karakterizaciju proizvedenih kvantnih centara u dijamantu, a koja bi bila napravljena u sklopu diplomskog rada. Program rada diplomanda bi uključivao detaljno razumijevanje elektronskih stanja NV- centra u dijamantu (proučavanje literature), optimizacija IBIL metode za što efikasnije prikupljanje svjetla prilikom ozračivanja ionima, tj. slaganje optičkog sistema sa velikim prostornim kutom kolekcije, eksperimentalna mjerenja IBIL spektara dijamanta, te dizajn i instalacija RF pobuđenja pomoću mikrovalova u svrhu manipulacije spinskog stanja NV centra.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zdravko Siketić	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Eksperimentalno mjerenje zaustavne moći za lake ione MeV-skih energija u dijamantu	
<p>Dostupnost umjetnih dijamanta proizvedenih CVD metodom je u novije vrijeme bitno proširila primjene monokristala dijamanta za razne tehnologije kao što su primjerice detektori zračenja i senzori različitih fizikalnih svojstava napravljenih od dijamanta. Gubitak energije (zaustavna moć) iona u raznim materijalima jedan je od ključnih parametara čije poznavanje je bitno za konstrukciju takvih senzora, jer oni ponekad dobivaju pomoću ionske implantacije. Danas se interakcija iona i tvari simulira najčešće pomoću programskog paketa SRIM koji je u velikoj mjeri i uspoređen s eksperimentalnim mjerenjima. Nažalost, eksperimentalna mjerenja zaustavne moći za lake ione (npr. protoni i alfa čestice) su vrlo rijetka i nedostavno pokrivaju raspon energija od nekoliko MeV-a. Kako bi eksperimentalno provjerili pouzdanost simulacije gubitka energije za lake ione u dijamantu, provela bi se eksperimentalna mjerenja gubitka energije za protone i/ili alfa čestice u rasponu energija od nekoliko stotina keV-a do nekoliko MeV-a. Kao mete bi se koristili uzorci dijamantnih membrana debljine nekoliko mikrometara kroz koje bi kolimirani ionski snop prolazio do silicijskog detektora nabijenih čestica. Rezultati bi se usporedili s dostupnim modelima i simulacijskim paketom SRIM.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

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

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

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Pretvorba topline u mehanički rad kod nekih molekulskih kristala	
<p>U posljednje vrijeme dinamički molekularni kristali izazivaju veliku pozornost kao potencijalni materijali za izradu aktuatora ili prekidača na mikroskopskoj skali. Takvi materijali, poznati kao termoodskočni materijali (eng. thermosensitive materials) iskazuju mehaničke efekte, poput skakanja, kotrljanja, savijanja, pucanja i slično, prilikom grijanja/hlađenja. Pri određenoj temperaturi dolazi do ekstremno brze polimorfne fazne pretvorbe koja izaziva ovakve drastične mehaničke efekte. Takvi prijelazi su prilično dobro karakterizirani ali još uvijek nije u potpunosti razjašnjen mehanizam koji stoji iza ovog fenomena. Takvi materijali su uobičajeno elastični što omogućava akumulaciju velikih naprezanja kristalne rešetke i gotovo uvijek iskazuju veliku anizotropnu termičku ekspanziju. U okviru diplomskog rada istraživat će jedan od dva materijal (ovisno koji će pokazati bolje karakteristike): antranilska kiselina i pirol-2-karboksilna kiselina, za koje se smatra da iskazuju termoodskočno ponašanje pri niskim temperaturama (ispod sobne temperature). Materijali će se prvo izučavati optičkom mikroskopijom u svrhu potvrde termoodskočnog efekta, a zatim će se odrediti kristalna struktura i pratiti njene promjene prilikom grijanja/hlađenja metodom rendgenske difrakcije u polikristalu. Opažene strukturne promjene povezat će se mehanizmom termoodskočnog efekta. Analizirat će se i očekivana anizotropija termičke ekspanzije i negativna termička ekspanzija. Termodinamičkim metodama (DSC, DTA/TG) odredit će se točne temperature faznih prijelaza, kao i njihova entalpija.</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: izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
Kvantifikacija amorfnе faze u materijalu	
<p>Određivanje elementnog sastava materijala je relativno stara procedura. U prirodi su prisutna 92 elementa i metode za njihovo kvantitativno određivanje su dobro poznate. No, fizička svojstva materijala i minerala koji su sastavljeni od ovih elemenata ne ovise samo o kemijskom sastavu nego i o načinu na koji su njihovi sastavni elementi raspoređeni u prostoru, odnosno o njihovom strukturnom obliku. Ovaj konačan broj poznatih elemenata povezuje se u obliku 230 kristalografskih formi s gotovo beskonačnim različitostima izazvanih čvrstim otopinama, stupnjem kristalnosti, morfologijom i slično. Prema tome, određivanje oblika i udjela raznih kristalnih i amorfnih komponenti mnogo je kompleksnije od određivanja elementnog sastava. Iako postoji određeni broj metoda koje se mogu koristiti za određivanje udjela pojedinih faza, difrakcijske metode su najizravnije. To je zbog toga što difrakcijske informacije proizlaze iz kristalne strukture pojedine faze a ne dobivaju se iz sekundarnih informacija. Poseban problem predstavlja određivanje udjela amorfnе faze u materijalu zbog njene strukturne neuređenosti. Sve metode se svode na određivanje udjela kristalnih faza, nakon čega se uzorak dopira poznatim udjelom standarda (kristalnog) i ponovo se određuju udjeli faza. Iz dobivene razlike matematičkim algoritmima se dolazi do udjela amorfnе faze. U literaturi postoji mnogo neslaganja oko uvjeta dopiranja i točnosti dobivenih rezultata. U diplomskom radu će se pripremiti uzorci s unaprijed poznatim udjelom amorfnе faze te će se Rietveldovom metodom utočnjavanja kristalne strukture isti odrediti, uz razne uvjete dopiranja (vrsta i udio standarda), te će se otkriti koji uvjeti pružaju najbolje rezultate i koliko je točnost ove metode čime će se postaviti zlatni standard primjene ove metode.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Željko Skoko	Institucija: pmf
„PhyBox 3“ – kutija pokusa iz fizike za treći razred srednje škole (voditelj: Ž. Skoko)	
<p>U okviru ovog diplomskog rada pripremit će se pokusi iz fizike za izvođenje u trećem razredu srednje škole, uključujući postave za svaki pojedini pokus, upute za slaganje i izvedbu pokusa, što bi se nalazilo u jednoj kutiji. Cilj je osmisliti pokuse koji bi pokrili gradivo trećeg razreda srednje škole, a za čiju izvedbu bi bila potrebna oprema koja je lako dostupna te ne ovisi o opremljenosti škole. Pokusi koji bi se izvodili su: Ørstedov pokus, magnetska sila između dva paralelna vodiča, elektromagnetska indukcija, ovisnost perioda titranja matematičkog njihala, refleksija valova na užetu (čvrsti i slobodni kraj, tanko i debelo uže), interferencija valova pomoću užeta i lom zrake svjetlosti na granici sredstava. Oprema koja je potrebna za ove uključuje: magnetsku iglu, bateriju, vodiče (izolirane i neizolirane, tanke metalne trake (aluminijske), galvanometar, zavojnicu, stalak, utege, laser, stakleni ili plastični kvadar. Dio opreme biti će izrađen u sklopu diplomskog rada. Poseban naglasak u diplomskom radu bit će stavljen na izvođenje pokusa, moguće poteškoće te učeničko razumijevanje pokusa i fizikalnih zakona koji stoje iza njih, te njihovu interpretaciju. U konačnici, diplomski rad će rezultirati „skriptom“ za izvođenje osnovnih pokusa iz fizike u trećem razredu srednje škole koja će pomoći nastavnicima u izvođenju nastave.</p>	
<p>Tema je za smjer(ove) Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike</p>	

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

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

Voditelj: prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Radiogalakcije sa savijenim mlaznicama u grupi galaksija u polju COSMOS	
U radu će se proučavati sustav dvaju radiogalakcija sa savijenim mlaznicama na crvenom pomaku 0.35. Radiogalakcije se nalaze u grupi galaksija detektiranoj u rendgenskom valnom pojasu te će biti provedena optička analiza skupa/grupe galaksija.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Mase supermasivnih crnih rupa u kvazarima	
U radu će se izračunati mase supermasivnih crnih rupa skupa kvazara preuzetog iz pregleda neba SDSS/BOSS.	
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
Kvazinormalni modovi crnih rupa	
Nova generacija interferometrijskih uređaja, poput onih u kolaboracijama LIGO i VIRGO, omogućuju nam detekciju gravitacijskih valova formiranih kompaktnim astrofizičkim objektima. Posebno su nam zanimljive crne rupe, čije perturbacije vode na gušene oscilacije poznate kao kvazinormalni modovi. U ovom radu će biti napravljen pregled metoda računanja i osnovnih svojstava kvazinormalnih modova crnih rupa.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Ivica Smolić	Institucija: pmf
Gravitacijski valovi u prostorvremenu s pozitivnom kozmološkom konstantom	
Mjerenja anizotropije u pozadinskom mikrovalnom zračenju, kao i mjerenja crvenih pomaka supernova tipa Ia, ukazuju na prisustvo pozitivne kozmološke konstante u gravitacijskim jednadžbama polja koja opisuju naš svemir. Ovakav svemir ima kvalitativno drugačija svojstva u prostornoj beskonačnosti i stoga je potrebno modificirati matematičke alate koji su originalno razvijeni za asimptotski ravna prostorvremena. U ovom radu će biti napravljen pregled novih istraživanja gravitacijskih valova u prostorvremenu s pozitivnom kozmološkom konstantom.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Neven Soić	Institucija: irb
Suvoditelj: doc. dr. sc. Ivica Frišić	Institucija: pmf
Pobuđena stanja jezgre ^{24}Mg i njihov mogući utjecaj na sintezu težih elemenata u zvijezdama	
Hoylovo stanje omogućuje da se fuzijom tri jezgre ^4He stvara ^{12}C u zvijezdama premošćući jaz nestabilnih jezgri sastavljenih od 5 i 8 nukleona. Standardni model nukleosinteze težih jezgri uključuje niz egzotermnih reakcija u hvata protona i ^4He na ^{12}C i težim produktima nastalim u daljnim koracima procesa, koji uz beta raspade jezgri s viškom protona završava proizvodnjom ^{56}Fe u najmasivnijim zvijezdama koje sklonjavaju kao supernove i u tom eksplozivnom procesu proizvode ostale teže elemente. Jezgra ^{24}Mg ima pobuđena stanja na visokim energijama pobuđenja koja imaju klustersku građu $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ što vodi na mogućnost da bi moglo postojati stanje ^{24}Mg na nižim energijama pobuđenja relevantnim za astrofizičke procese koje bi, slično Hoylovom stanju u ^{12}C , omogućavalo fuziju dvije jezgre ^{12}C u ^{24}Mg i moglo značajno ubrzati proizvodnju težih elemenata u masivnim zvijezdama, supernovama tipa Ia i supernovama tipa II. Zbog vrlo malog udarnog presjeka te reakcije u astrofizički relevantnom području energija i niza eksperimentalnih poteškoća u mjerenjima takvih procesa, postojeći eksperimentalni rezultati dobiveni direktnim i indirektnim tehnikama mjerenja su kontradiktorni. Potraga za pobuđenim stanjem ^{24}Mg koje bi moglo ubrzati fuziju dvije jezgre ^{12}C u astrofizičkim procesima, obavljena je mjerenjem reakcije sa snopom ^{20}Ne na debeloj plinskoj meti ^4He na akceleratorском kompleksu na INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro u Italiji. U okviru diplomskog rada obraditi će se dio tih eksperimentalnih podataka te provesti detaljne računalne simulacije eksperimenta nužne za razumijevanje dobivenih rezultata. Dosadašnja obrada dobivenih podataka pokazala je da bi unaprijeđena tehnika koincidentnog mjerenja oba produkta nuklearne reakcije $^{20}\text{Ne} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ omogućila kvalitetniju karakterizaciju opaženih pobuđenih stanja ^{24}Mg i mogla dati odgovor na pitanje da li postoji rezonancija koja ubrzava proces gorenja ugljika u astrofizičkim procesima. Kao priprema sljedećeg eksperimenta s unaprijeđenom tehnikom mjerenja, u okviru diplomskog rada će se također provesti računalne simulacije za određivanje optimalnog eksperimentalnog postava. Tijekom izrade diplomskog rada student(ica) će se upoznati s tehnikama i metodama eksperimentalnih istraživanja nuklearne spektroskopije, naučiti osnove obrade eksperimentalnih podataka i računalnih simulacija mjerenja nuklearnih reakcija.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Mario Stipčević	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Utjecaj entropije na točnost računa u impulsnom računalu	
<p>Razvoj računala odigrao je ključnu ulogu u razvoju tehnologije. Danas poznajemo tri računalne paradigme. Najraširenije je klasično digitalno računanje koje pronalazimo u svakodnevnom životu, uvelike je poznato i kvantno računanje, a najmanje poznata paradigma je RPC (Random Pulse Computing), odnosno računanje slučajnim pulsevima. RPC se temelji na visoko paraleliziranim logičkim operacijama među nizovima električnih impulsa slučajno raspoređenih u vremenu, na način sličan radu neurona - živčanih stanica u mozgu ljudi i sisavaca, pa kažemo i da je to "biološki-inspiriran" način računanja. Glavna motivacija pojačanog interesa za izučavanjem RPC u posljednjih 10-ak godina, jest nada da bi ta paradigma mogla brže, jednostavnije i s manjim utroškom energije rješavati zadatke koji su laki za živa bića, a teški za digitalna računala, poput: momentalne reakcije na podražaje, prepoznavanja (pattern recognition), učenja, otpornosti na pogreške i oštećenja u sustavu, autonomije i slično. Ključna, za precizno funkcioniranje RPC, je dobra slučajnost nizova odnosno njihova visoka entropija. U jedinstvenom pristupu kojeg smo osmislili i ostvarili u Laboratoriju za fotoniku i kvantnu optiku, slučajnot se zasniva na kvantnim efektima emisije fotona u polovodičima i detekciji fotona putem fotoelektričnog efekta u lavinskim fotodiodama osjetljivima na pojedinačne fotone (SPAD), dok se sami RPC sklopovi izgrađuju u rekonfigurabilnim čipovima tipa Field Programmable Gate Array (FPGA). Zadaci ovog diplomskog rada su: 1) simuliranje i eksperimentalna realizacija elementarnih RPC sklopova, 2) kvantitativno odrediti entropiju izlaznih nizova elementarnih sklopova za aritmetičke operacije, te 3) istražiti utjecaj entropije izlaza elementarnih sklopova na točnost računanja sklopova složenih od kaskade elementarnih sklopova (npr. za računanje polinoma). Smjerovi: fizika (istraživački)</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: Prof. Dr. Sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Geometrija valnih funkcija	
<p>Valne funkcije se obično shvaćaju sa stajališta funkcionalne analize, kao vektori u Hilbertovom prostoru kvantnih stanja. Međutim, čim je broj identičnih čestica veći od jedan, pojavi se i specifična algebarska struktura, koja isti Hilbertov prostor generira kao gradiuiranu algebru nad prstenom simetričnih polinoma. Već i veoma mali primjeri 2--4 čestice otvaraju niz zanimljivih pitanja međuodnosa ta dva načina gledanja. Ovisno o afinitetu i predznanju studenta, u diplomskom radu bi se našlo neko od tih pitanja, možda i na razini samo jednog konkretnog primjera. Moguća pitanja uključuju: (1) klasifikaciju generatora algebre s obzirom na permutacije (preimenovanja) Kartezijevih osi; (2) korištenje algebarske strukture za nalaženje "dobrih" varijacionih funkcija; (3) vizualizaciju nodalnih hiperploha, tj. geometrijskih mjesta točaka gdje mnogočestična valna funkcija iščezava.</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. Denis Sunko	Institucija: pmf
Funkcionalni elektroni	
<p>Ponašanje elektrona u mnogim suvremenim tehnološki važnim materijalima se značajno razlikuje od polazne točke idealnog plina, bio to idealni plin slobodnih čestica (za metale) ili idealni plin magnetskih momenata (za lokalizirane elektrone u magnetskim materijalima). Bitan fizikalni sadržaj ovih problema se može proučavati na pojednostavljenim modelima, od kojih su neki okrenuti tumačenju određenih mjerenih pojava, a drugi rasvjetljavanju pojedinih teorijskih ideja. U širokom rasponu poznatih pristupa, koji su svi verificirani u literaturi, a neki se razvijaju i ovdje na Fizičkom Odsjeku u okviru znanstvenih istraživanja, postoje dobre mogućnosti prilagođavanja razine i usmjerenja diplomskog rada interesima i temperamentu pojedinog studenta.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

Voditelj: dr. sc. Hrvoje Štefančić	Institucija: uni
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Krešimir Kumerički	Institucija: pmf
Skalarna polja u fizikalnoj kozmologiji	
<p>Mnoštvo opažakih podataka u fizikalnoj kozmologiji koji su postali dostupni u zadnjih dvadesetak godina ukazuju na iznimno zanimljiv sastav i strukturu svemira. Tako npr., uz pretpostavku da Opća teorija relativnosti ispravno opisuje gravitacijsko međudjelovanje i na kozmološkim prostorno-vremenskim skalama, više od 95% građe svemira su tzv. tamne komponente (tamna energija i tamna materija). Njihova fizikalna priroda nije do sada nedvosmisleno utvrđena, unatoč iznimno brojnim originalnim predloženim teorijskim objašnjenjima. S druge strane, brojna opažanja poput visoke razine izotropije kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja, mogu se dobro objasniti pretpostavljajući fazu ubrzanog širenja svemira u vrlo ranoj fazi njegove dinamike, tzv. fazu inflacije. Skalarna polja su do sada uspješno korištena u modeliranju mehanizma faze inflacije, kao i tamne energije, tamne materije i njihovog ujedinjenja. Opći cilj teme diplomskog rada je upoznati se s najvažnijim primjenama skalarnih polja u fizikalnoj kozmologiji, s osobitim naglaskom na opisu faza ubrzanog širenja svemira. Specifični cilj teme diplomskog rada je proučiti modele k-esencije, karakterizirane nekanonskim kinetičkim članom skalarnog polja, te njihovu primjenu na opis tamne energije i njene dinamike, kao i povezanost modela k-esencije s drugim pristupima modeliranju tamnih komponenti svemira.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tonči Tadić	Institucija: irb
Suvoditelj: prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Komparativna studija metoda za određivanje distribucije intenziteta ionskog snopa	
<p>Fuzijski reaktori su obećavajući izvor čiste energije. S obzirom da će fuzijske elektrane morati pretrpjeti velike količine neutronske zračenja, utjecaj tog zračenja na strukturne materijale je trenutno među prioritetima istraživanja Euroatoma. U sklopu Obzor 2020 projekta EUROfusion na IRB-u je razvijena DiFU komora posvećena simuliranju oštećenja fuzijskih materijala neutronima istodobnim ozračavanjem teškim ionima i ionima helija ili protonima iz dva elektrostatska Tandem akceleratora. Za točan izračun doze iona potrebno je precizno odrediti oblik ionskog snopa na uzorku fuzijskog materijala koji se ozračava. Naime, proces ubrzanja i vođenja ionskog snopa kroz akcelerator i kroz vakuumske cijevi do komore s uzorkom rezultira nehomogenom distribucijom intenziteta ionskog snopa. Tipične metode određivanja distribucije intenziteta ionskog snopa temelje se na fizikalnim procesima ionoluminiscencije na kristalima ili keramici, zacrnjenja plastičnih folija, mjerenja emisije sekundarnih elektrona, te mjerenja struje iona pomičnim pukotinama ili nitima. Svaka od ovih metoda može dovesti do krive procjene intenziteta ionskog snopa, radi nelinearnosti odziva, nerazumijevanja fizikalnih procesa i nesavršenosti dizajna eksperimenta. Ovaj diplomski rad uključivao bi usporedbu većine spomenutih metoda za određivanja distribucije intenziteta ionskog snopa na uzorku za „tipične“ snopove iona helija i zlata, te usporedbu mjerenja s numeričkim simulacijama i fizikalnim modelima procesa na kojima se metode temelje.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tonči Tadić	Institucija: irb
Suvoditelj: prof. dr. sc. Nils Paar	Institucija: pmf
Temperaturni profil uzorka grijanog ionskim snopom	
Ionski snopovi koriste se za modifikacije i analize materijala za uporabu u ekstremnim uvjetima, poput fizijskih 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
Fizikalni principi rada električne gitare	
U ovom radu će se proučavati fizikalni principi rada električne gitare. Predviđeno je proučavanje oscilacija žica u ovisnosti o napetosti žice, njenoj linearnoj gustoći, udaljenosti između hvatišta. Nadalje se predviđa proučavanje rada pickup zavojnica, istraživanje distorzije koje unose u signal, uspoređivati će se signali s različitim pickup zavojnica. Proučit će se i utjecaj na signal drugih dijelova električne gitare: potencijometara za glasnoću i ton, tremolo ručice. Također je predviđeno proučavanje rada pojačala za električnu gitaru i pedale.	
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. Emil Tafra	Institucija: pmf
Supravodljivost	
Supravodljivost je jedan od najzanimljivijih i najistraživanijih fenomena u fizici čvrstog stanja. U sklopu ove teme predviđena su istraživanja povezivanja supravodiča s topološkim materijalima i istraživanja nastanka supravodljivosti u perkolacijskom sustavu. Topološki zaštićena površinska i rubna stanja u blizini supravodiča nude uzbudljive mogućnosti za stvaranje niza novijih nanotehnoloških spintronijskih i elektroničkih uređaja, ali kvalitetno povezivanje topoloških materijala sa supravodičima nije trivijalno. Jedna od mogućnosti je da se supravodljivost može „upisati“ u materijal, dopiranjem s rezolucijom litografije s elektronskim snopom. Topološki materijal s mogućnošću „pisanja“ supravodljivosti pruža potencijalno obećavajuću platformu za realizaciju niza topološki zaštićenih supravodljivih uređaja koje je trenutno teško ili nemoguće realizirati. Perkolacija je model neuređenog fizikalnog sustava, recimo mreža nasumično raspoređenih vodiča i supravodiča. Ovisno o vjerojatnosti pojavljivanja jednih i drugih, postoji granica iznad koje će čitav sustav biti supravodljiv. U sklopu ove teme su predviđena istraživanja elektronskih transportnih i magnetotransportnih svojstava specijalno proizvedenih nanostrukture sa svrhom povezivanja supravodiča s topološkim materijalima, te nanostrukture s nasumično raspoređenim supravodljivim nanočesticama, koje će se proučavati na niskim temperaturama do 0.3 K i u jakim magnetskim poljima do 16 T. Studenti će se u ovom radu upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenje magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike Magistar edukacije fizike Magistar edukacije fizike i informatike Magistar edukacije fizike i kemije Magistar edukacije fizike i tehnike	

Voditelj: dr. sc. Zvonimir Vlah	Institucija: irb
Suvoditelj: prof. dr. sc. Vernesa Smolčić	Institucija: pmf
Dekompozicija kozmoloških korelatora višeg reda	
<p>Formacija struktura velikih kozmoloških skala vrlo je plodno i obećavajuće polje suvremene kozmologije. Tome u prilog svjedoče mnoge postojeće kao i planirane opservacije i astronomske misije. Te opservacije omogućuju nam da se približimo odgovorima na neka od temeljnih pitanja o našem svemiru; što je tamna materija i tamna energija? Koja je uloga neutrina i lakih relikvijskih čestica u formiranju svemira? Koji mehanizmi upravljaju početnom inflatornom fazom svemira? Razlikuje li se Hubbleov parameter ranih epoha razvoja svemira od onog u kasnijim epohama i koji fizikalni mehanizmi to uzrokuju? Odgovori na ta pitanja leže utkani u kozmološkim strukturama poput distribucije galaksija, kozmičkog mikrovalnog zračenja, vodikovih linija (21cm linije) kao i u mnogim drugim opservablama. Informacije tih opservabli sadržane su u njihovim korelacijskim funkcijama, od kojih je najjednostavniji i zbog toga često korišten upravo spektar snage. Spektar snage je ujedno ekvivalentan korelacijski funkciji u dvije točke. Međutim, pregršt je kozmoloških informacija sadržano i u korelatorima višeg reda (bi-spektar, tri-spektar itd.) čija je analiza zahtjevnija. Jedan od razloga za to je i sub-optimalna parametrizacija tih korelatora. Tema ovog diplomskog rada je analizirati postojeće parametrizacije bi-spektra (ekvivalentnog korelacijskoj funkciji u tri točke), te primijeniti novu parametrizaciju temeljenu na Steinerovoj tenzorskoj dekompoziciji. Cilj je dekomponirati bi-spektar, koji je složena funkcija više varijabli u set jednostavnijih objekata, nalik spektru snage. Time bi analiza i obrada korelatora višeg reda postala jednostavnija a također bi se omogućilo i korištenje uobičajenih i testiranih statističkih metoda u ekstrakciji kozmoloških parametara.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Zvonimir Vlah	Institucija: irb
Suvoditelj: prof. dr. sc. Dubravko Klabučar	Institucija: pmf
Stohastička teorija polja u kozmologiji	
<p>Suvremena kozmologija obiluje mnoštvom postojećih kao i planiranih opservacija i astronomskih misija. Bogatstvo podataka tih misija omogućit će nam u skoroj budućnosti kozmološke analize nevidene preciznosti, čiji je cilj približiti se odgovorima na neka od temeljnih pitanja o našem svemiru: - Koji mehanizmi upravljaju širenjem svemira i što je točno tamna energija? - Koja je čestična priroda tamne materije? - Koja je masa neutrina i koja je njihova uloga u formiranju svemira? - Kako izgledaju detalji mehanizma inflacije, koji 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: dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Istraživanje vremenske dinamike na uzorcima WS2 tehnikom vremenski razlučive spektroskopije u bliskom polju	
<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) materijali iz obitelji TMDs-a mogu se prikazati općenitom formulom MX_2, pri čemu M predstavlja neki od prijelaznih metala (Mo, W, itd.), a X jedan od elemenata iz porodice halogenida (S, Se, Te, itd.). Volfram-disulfid (WS2) je, uz molibden-disulfid (MoS2), najbolje istražen TMDs materijal dobro poznatih strukturnih i elektronskih svojstava, koji posjeduje jaku ekscitonsku emisiju i jako vezanje spinskih i dolinskih stanja, zbog čega je odličan kandidat za istraživanja spinske i dolinske dinamike u TMDs i njihovim heterostrukturama. Na Institutu za fiziku godinama gradimo ekspertizu u sintezi i sveobuhvatnoj karakterizaciji različitih 2D materijala pa tako i TMDs. Odnedavno, naše eksperimentalne mogućnosti dodatno su osnažene nabavom suvremenog uređaja za istraživanje materijala- pretražnog optičkog mikroskopa bliskog polja (SNOM) koji objedinjuje pretražne probe (mikroskop atomskih sila-AFM) s optičkim probama (optički mikroskop), čime se omogućuje istraživanje optičkog odziva materijala s visokom prostornom razlučivošću. Dodatno, ovaj uređaj omogućuje istraživanje materijala i vremenski razlučivim tehnikama, što daje potpunu optička karakterizacija materijala –njegov stacionarni optički odziv, ali i odziv u uvjetima kada je materijal daleko od ravnotežnog stanja. Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u mjerenjima vremenske dinamike već postojećih, sintetiziranih uzoraka WS2. Posebno su nam interesantna istraživanja vremenske dinamike na dvoslojnim WS2 uzorcima koji pružaju uvid u vremenski razvoj relaksacijskih procesa koji se događaju između različitih slojeva materijala, a koji su ključni za uspješnu primjenu poluvodičkih 2D materijala u spintroničkim uređajima.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Nataša Vujičić	Institucija: ifs
Suvoditelj: dr. sc. Zoran Rukelj	Institucija: pmf
Istraživanje spinske polarizacije na tankim slojevima PbI2	
<p>Stvaranje i upravljanje spinskim polariziranim stanjima na sobnoj temperaturi je od iznimne važnosti za primjenu dvodimenzionalnih (2D) van der Waalsovih (vdW) materijala u spintroničkim i spin-fotoničkim primjenama. Većina materijala pokazuje visok stupanj polarizacije tek na niskim temperaturama, kada se smanjuje utjecaj depolarizacijskih procesa što vodi do povećanja vremena života polariziranih stanja. Naša dosadašnja istraživanja su pokazala da tanki slojevi olovo (II)-jodida (PbI2) posjeduju iznimno visok stupanj spinske polarizacije već pri sobnim temperaturama. Slojeviti PbI2 je materijal izvrsnih optičkih svojstava, velikog energetskog procjepa i visokog koeficijenta apsorpcije, zbog čega se nametnuo kao izgledni materijal za primjenu u optoelektronici, primjerice kao fotodetektor ili kao aktivni laserski medij. Posjeduje heksagonalnu kristalnu strukturu koju čine kovalentno vezani atomski slojevi I-Pb-I, dok je veza između slojeva slaba vdW. Stanjivanjem materijala ili unošenjem naprežanja u materijal, optički energetski procijep mu se mijenja o direktnog prijelaza pri 2.28 eV do indirektnog prijelaza pri 2.63 eV. Obzirom na svoju vdW prirodu, pogodan je za izradu različitih heterostrukture s drugim slojevitim 2D materijalima, čime se stvaraju novi, zanimljivi materijali pogodni za izučavanje spinski polariziranih stanja materija, a u smislu moguće primjene u spin-fotoničkim uređajima. Na Institutu za fiziku započeli smo sa sistematičnom sintezom ovih slojevitih materijala te smo utvrdili optimalne parametra rasta kristala. Također, proveli smo preliminarna optička mjerenja na slojevima različitih debljina i utvrdili da je optički odziv materijala takav da pobudom s cirkularno polariziranom svjetlošću različitih heliciteta pokazuje visok stupanj cirkularne polarizacije medija što upućuje na dugoživuća spinska stanja pri sobnoj temperaturi. Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u sintezi samih uzoraka, nakon čega bi se upoznao/upoznala s tehnikama optičke karakterizacije koje su nam dostupne na Institutu za fiziku (konfokalni Ramanov mikroskop, pretražni optički mikroskop bliskog polja) kako bismo dodatno razumjeli i povezali debljinu slojeva materijala s optičkim odzivom, a posebno utjecaj iste na spinsku polarizaciju materijala.</p>	
Tema je za smjer(ove) Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tomislav Vuletić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Dinamika Rac1 proteina u stanicama amebe Dictyostelium discoideum	
<p>Kako bi se živa stanica kretala, potrebno je stalno preuređivanje i preraspodjela elemenata citoskeleta, kojeg glavne aktivne, strukturne komponente čine polimerizirani proteini, aktin i tubulin. Ukratko, kretanje stanica ovisi o (de)polimerizaciji aktina, a nju reguliraju signalni proteini poput malih GTPaza. Primijećeno je kako GTPaza Rac1 u stanicama Dictyostelium ima dvojaku ulogu. Na prednjem kraju (u smjeru kretanja) stanice sudjeluje u interakciji s proteinskim kompleksom Scar/WAVE, dok na stražnjem dijelu utječe na formaciju DGAP1/cortexillin kompleksa. Dinamika takvih proteina od interesa se eksperimentalno prati tako da se fluorescentno obilježe i zatim analizom mikroskopskih snimaka dobivamo raspodjelu proteina u stanicama. Plan rada u sklopu ovog istraživanja sastojao bi se od prikupljanja snimki stanica Dictyostelium, u vegetativnom stanju, konfokalnom pretražnom mikroskopijom na Institutu Ruder Bošković. Drugi dio zadatka je analizirati snimke pomoću programa ImageJ i korištenjem računalnih modela razvijenih u sklopu rada drugih znanstvenika angažiranih na projektu. Cilj analize bio bi odrediti vezu lokalne koncentracije proteina (koja je funkcija fluorescencije na snimkama) i brzine premještanja membrane kao i druga svojstva membrane te po mogućnosti povezati ih s promjenama oblika stanica.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Tomislav Vuletić	Institucija: ifs
Suvoditelj: Prof. dr. sc. Nenad Pavin	Institucija: pmf
Detekcija formiranja DNK-origamija pomoću FCS (fluorescencijska korelacijska spektroskopija)	
<p>DNK lanci povezuju se vrlo specifično, ovisno o komplementarnosti sekvenci nukleotida. Stoga se pomoću njih mogu konstruirati nanostrukture (tzv. DNK origami) koje mogu imati ulogu same po sebi ili kao predlošci strukturama drugih materijala (metal, keramika, polimer). DNK origami tetraedre koristili smo za formiranje uređenih struktura na površini 2D materijala. Kako bismo unaprijedili naše znanje o formiranju tetraedara planiramo praćenje koeficijenta difuzije, u vodenom mediju, četiriju komponenti iz kojih se formiraju u otopini. Student bi na Institutu za fiziku radio na FCS postavu (fluorescencijska korelacijska spektroskopija), a također i radio jednostavne pripreme potrebnih otopina. FCSom bi se mjerio koeficijent difuzije slobodnih fluorescentno obilježenih fragmenata DNK (oligomeri jednolančane DNK) prilikom koraka kompleksiranja s ostala tri sastavna dijela (neobilježeni oligomeri). Cilj je usporediti efikasnost i pouzdanost formiranja tetraedra u jednom koraku (miješanje sve 4 komponente odjednom) i u postepenim koracima, dodavanjem jedne po jedne komponente.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: Prof. dr. sc. Krešo Zadro	Institucija: pmf
Kiša kao obnovljivi izvor energije	
<p>Sunce kao obnovljivi izvor energije koristi se sve više, grade se solarne elektrane, od malih kućnih (par kW) do velikih industrijskih (par stotina MW). Učinkovitost ovih elektrana ovisi o vremenskim uvjetima, izlazna snaga pada za oblačnih i kišnih dana. Stoga se u posljednje vrijeme istražuje mogućnost korištenja energije kišnih kapi. Tako je nedavno izumljena uređaj koji generira energija koristeći i svjetlost i kišne kapi, triboelektrični nanogenerator integriran je u fotonaponsku ploču. Zadaća diplomskog rada je dati pregled najnovijih istraživanja dobivanja električne energije koristeći kišne kapi</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	
Magistar edukacije fizike i kemije	
Magistar edukacije fizike i tehnike	

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

Voditelj: dr. sc. Goran Zgrablić	Institucija: ifs
Suvoditelj: doc. dr. sc. Vedran Đerek	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 vremensku rezoluciju od barem 5 sekundi što je nedovoljno za mnog reakcije. 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.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Vinko Zlatić	Institucija: irb
Suvoditelj: izv. prof. dr. sc. Davor Horvatić	Institucija: pmf
Lom simetrija u neuralnim mrežama	
<p>Duboko učeće neuralne mreže danas postaju jedan od najvažnijih alata modernog tehnološkog sektora i znanosti. Usprkos njihovom uspjehu i upotrebnoj vrijednosti, ostaje problem nepotpunog razumijevanja, kako takvi algoritmi doista funkcioniraju. U ovom radu, student će se posebno osloniti na članak: "Noether's Learning Dynamics: Role of Symmetry Breaking in Neural Networks", https://arxiv.org/abs/2105.02716. Student će reproducirati rezultate tog rada, a dodana vrijednost će biti posebna analiza utjecaja dimenzionalnosti na proces učenja. Od studenta se očekuje odlično poznavanje teorijske fizike, i interes za programiranje i rad s duboko učećim neuralnim mrežama.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

Voditelj: dr. sc. Vinko Zlatić	Institucija: irb
Suvoditelj: Prof. Dr. Sc. Denis Sunko	Institucija: pmf
Aproksimativna master jednadžba i upotreba u kontaktnim procesima.	
<p>Aproksimativna master jednadžba i upotreba u kontaktnim procesima. Aproksimativna master jednadžba https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevX.3.021004, predstavlja najbolji analitički pristup za studiranje kontaktnih procesa. Kontaktni procesi su stohastički procesi u kojima čvorovi u rešetci ili mreži mijenjaju svoje stanje u ovisnosti o stanju svojih susjeda, te se koriste za modeliranje epidemija, propagacija informacija, sloma financijskog tržišta, da pobrojim samo neke od primjena. U ovom radu student će se upoznati sa osnovnim značajkama kontaktnih procesa, s njihovom reprezentacijom u aproksimaciji srednjeg polja, aproksimaciji parova i na kraju u aproksimativnoj master jednadžbi. U tehničkom dijelu diplomskog, od studenta se očekuje da simulira jedan kontaktni proces koristeći python program već razvijen u našoj grupi, te da računajući master jednadžbu pronađe neke netrivialne razlike između direktnih simulacija i analitičkog opisa. Ukoliko student pokaže znanja i interesa, pokušat ćemo predložiti smjer ekstenzije aproksimativne master jednadžbe, kako bi se te razlike riješile. Od studenta se očekuje dobro znanje programiranja i analitičkih metoda u fizici, te dobro razumjevanje teorije vjerojatnosti.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar fizike	

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

Voditelj: doc. dr. sc. Petar Žugec	Institucija: pmf
Primjena statističkih metoda u analizi Brownovog gibanja	
<p>Cilj je diplomskog rada simulirati slučajnog šetača te primijeniti statističke metode u analizi njegove putanje, s posebnim naglaskom na značenje prvih statističkih momenata, važnost nepristranih procjenitelja i vezu sa središnjim graničnim teoremom. Programiranje se može provesti u programskom jeziku po izboru studenta, no preferabilno u C++ ili Python. Ovisno o napretku studenta, problemu se može pristupiti i s aspekta jednadžbe difuzije.</p>	
Tema je za smjer(ove)	
Magistar edukacije fizike	
Magistar edukacije fizike i informatike	

Metode prilagodbe rezolucijske funkcije neutronskega snopa

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

Tema je za smjer(ove)

Magistar fizike

Magistar edukacije fizike

Magistar edukacije fizike i informatike