

# Prijedlozi tema za diplomske radove u 2013.

**Mentor:** prof. dr. sc. Darko Androić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fizikalni koncepti u robotici i mehatronici - softverska komponenta

## **Sadržaj teme:**

Tijekom posljednjih deset godina nastavnici prirodne grupe predmeta bili su suočeni s opsežnom uporabom računala u nastavi. Ovaj pristup koji se temelji na računalnoj tehnologiji sa sobom donosi dosta prednosti ali i neke nedostatke. Simulacija i intenzivna uporaba svih vrsta virtualizacijskih tehnologija, tzv. e-učenje, iako igra vrlo važnu ulogu u procesu edukacije u modernom društvu, predstavlja samo jednu od sastavnica za učinkovit proces nastave. Potpuno i funkcionalno znanja može postići samo kroz odgovarajuće kombinacije "virtualnih" alata i "stvarne" laboratorijske prakse koja se prožima s primjenom apstraktnih znanstvenih koncepata i ideja. Samo takvo znanje može biti gospodarski proaktivno jer donosi dugoročne kompetencije i sposobnost cjeloživotnog učenja. Koncept integriranja "pravog" i "virtualnog" laboratorijskog okruženja za učenje proveden je, primjerice u projektu ComLab (<http://e-prolab.com/>). Projekt Infiro kojeg provodi PMF, a odobren je i financiran od strane Europske Komisije (<http://metodika.phy.hr/infiro/> ; <http://infiro.phy.hr/> ), sukcesor je spomenutog Comlab projekta. Glavni ciljevi projekta odnose se na razvoj i primjenu suvremenih procesa učenja korištenjem informatičkih alata uz integraciju "pravih" i "virtualnih" laboratorija. Ciljana populacije projekta su učenici osnovnih i srednjih škola koji u svojim kurikulumima imaju kao obvezne ili izborne predmete sadržajno bliske robotici i mehatronici. U diplomskom radu bi se metodički oblikovale laboratorijske vježbe i tematske radionice integriranih sadržaja fizike informatike i tehnike. Poseban naglasak u diplomskom rada bio bi na dizajnu i testiranju softverskih komponenti za laboratorijske vježbe primjenom modernih informatičkih alata.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Darko Androić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fizikalni koncepti u robotici i mehatronici - hardverska komponenta

**Sadržaj teme:**

Tijekom posljednjih deset godina nastavnici prirodne grupe predmeta bili su suočeni s opsežnom uporabom računala u nastavi. Ovaj pristup koji se temelji na računalnoj tehnologiji sa sobom donosi dosta prednosti ali i neke nedostatke. Simulacija i intenzivna uporaba svih vrsta virtualizacijskih tehnologija, tzv. e-učenje, iako igra vrlo važnu ulogu u procesu edukacije u modernom društvu, predstavlja samo jednu od sastavnica za učinkovit proces nastave. Potpuno i funkcionalno znanja može postići samo kroz odgovarajuće kombinacije "virtualnih" alata i "stvarne" laboratorijske prakse koja se prožima s primjenom apstraktnih znanstvenih koncepata i ideja. Samo takvo znanje može biti gospodarski proaktivno jer donosi dugoročne kompetencije i sposobnost cjeloživotnog učenja. Koncept integriranja "pravog" i "virtualnog" laboratorijskog okruženja za učenje je proveden primjerice u projektu ComLab (<http://e-prolab.com/>). Projekt Infiro kojeg provodi PMF, a odobren je i financiran od strane Europske Komisije (<http://metodika.phy.hr/infiro/> ; <http://infiro.phy.hr/>), sukcesor je spomenutog Comlab projekta. Glavni ciljevi projekta odnose se na razvoj i primjenu suvremenih procesa učenja korištenjem informatičkih alata uz integraciju „pravih“ i „virtualnih“ laboratorija. Ciljana populacije projekta su učenici osnovnih i srednjih škola koji u svojim kurikulumima imaju kao obvezne ili izborne predmete sadržajno bliske robotici i mehatronici. U diplomskom radu bi se metodički oblikovale laboratorijske vježbe i tematske radionice integriranih sadržaja fizike informatike i tehnike. Poseban naglasak u diplomskom rada bio bi na dizajnu i izgradnji hardverskih komponenti za laboratorijske vježbe.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Damir Aumiler

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Istraživanje strukture mreže dugih DNA lanaca u vodenim otopinama pomoću fluorescentne korelacijske spektroskopije

**Sadržaj teme:**

Konfokalna laserska mikroskopija kao eksperimentalna metoda ima izrazito široko područje primjene u znanosti - od fizike (ekscitonska dinamika), preko kemije (fotoizomerizacija), do biologije (hibridizacija i fragmentacija DNA, protein-protein međudjelovanje). Uz upotrebu ultrakratkih laserskih pulseva za pobudu molekula u uzorku, te upotrebom tehnike vremenski koreliranog brojanja fotona (time-correlated single photon counting, TCSPC), moguće je visokoj prostornoj razlučivosti konfokalnog mikroskopa pridodati i fizikalnu informaciju o vremenskoj dinamici promatranog sustava. Fluorescentna korelacijska spektroskopija (Fluorescence correlation spectroscopy - FCS) je tehnika laserske mikroskopije kojom se mjere fluktuacije intenziteta fluorescencije iz mikroskopskog detekcijskog volumena uzorka. FCS omogućuje određivanje konstanti difuzije fluorescentnih molekula u otopinama i kao takva je izrazito bitna u biofizici pri proučavanju hibridizacije i fragmentacije DNA. U sklopu diplomskog rada studenti će se imati prilike upoznati s principom rada konfokalnog laserskog mikroskopa te primjeni FCS tehnike za mjerenje difuzijske konstante fluorescentno označenih DNA molekula (kratki lanci) u vodenoj otopini dugih DNA lanaca, sa svrhom istraživanja strukture mreže dugih DNA lanaca u vodenim otopinama.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ticijana Ban

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Određivanje temperature ultrahladnih atoma rubidija zarobljenih u magneto-optičkoj stupici

**Sadržaj teme:**

Svojstva materije u području ekstremnih temperatura oduvijek su privlačila pažnju znanstvenika. Upotrebom optičkih metoda baziranih na laserima moguće je ohladiti atome na temperature od svega nekoliko mikroK. Daljnjim snižavanjem temperature tehnikom evaporativnog hlađenja postiže se Bose-Einsteinov kondenzat (BEC), što predstavlja jedno potpuno novo stanje materije, te je kao takav idealni testni sistem za razne efekte proizašle iz kvantnih svojstava prirode.

Na Institutu za fiziku bavimo se laserskim hlađenjem i zarobljavanjem atoma rubidija. Termalni atomi rubidija prolaze na tisuće ciklusa apsorpcije - spontane emisije, što uzrokuje disipativnu silu na atome koja rezultira smanjenjem brzine atoma. Atomi se nadalje, pomoću gradijenta magnetskog polja hvataju u stupicu, te predstavljaju sistem atomskog plina koji se nalazi na granici između klasične i kvantne fizike.

Ultraniske temperature na kojima se nalaze atomi rubidija u magneto-optičkoj stupici (MOT) ne mogu se odrediti direktnim mjerenjima. U tu svrhu potrebno je razviti i primjeniti nove eksperimentalne tehnike. U sklopu izrade diplomskog rada, student/ica će raditi na razvoju i implementaciji novih eksperimentalnih tehnika koje će omogućiti određivanje temperature ultrahladnog oblaka atoma rubidija. Student/ica će se upoznati s eksperimentalnim tehnikama rada MOT-a, što uključuje slijedeće aktivnosti: rad s frekventno stabiliziranim poluvodičkim laserima, optičke metode rada s laserskim snopovima te karakterizacija laserske emisije, saturacijska spektroskopija, laserom inducirana fluorescencija, lasersko hlađenje, optičke metode detekcije i karakterizacije ultrahladnih atomskih plinova.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Osor Slaven Barišić

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Polaroni učinci u ARPES spektrima polarnih poluvodiča

**Sadržaj teme:**

Polaroni nastaju kad elektron međudjeluje s kristalnom rešetkom, zbog čega se ona polarizira (deformira). Elektron i pripadajuće mu polarizacijsko polje onda zajedno putuju kroz kristalnu rešetku, ponašajući se kao dobro definirana kvazičestica. Zbog svoje važnosti, polaroni su predmet intenzivnih istraživanja već niz desetljeća, a vezanje elektrona za polarizacijsko, ili neko drugo bozonsko polje, jedan je od najčešćih problema koji se susreće u okviru fizike jako koreliranih sustava.

Napredak eksperimentalnih tehnika, posebice kutno razlučive fotoelektronske spektroskopije (ARPES), otvorio je mogućnost izravnog uvida u elektronska svojstva materijala s vrlo velikom razlučivosti, kako po energiji, tako i po impulsu. Na taj način se dobiva izravan uvid i u međudjelovanja koja u pojedini materijalima djeluju na elektrone. Zadnja ARPES mjerenja poluvodiča kakvi su SrTiO<sub>3</sub>, ili ona još neobjavljena za anataze TiO<sub>2</sub>, otkrila su u granicama malih dopiranja značajne polaronске učinke. Posebno zanimljiva je ovisnost ARPES spektara o dopingu, počevši od izolatorske granice prema metalnoj, što predstavlja novi izazov za teorijsko modeliranje polaronskih učinaka i učinaka zasjenjenja.

Rad bi kombiniranjem analitičkih i numeričkih pristupa proučio elektronsku spektralnu funkciju u modelu i granicama koje su relevantne za opisane eksperimente i materijale. Ovisno o izvedbi, ovakav rad ujedno bi mogao biti dobar temelj i za znanstvenu publikaciju.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetotransport LAO/STO heterostruktura

**Sadržaj teme:**

Mjerenje električnog otpora u magnetskom polju (magnetootpora) i Hallvog efekta otvara mogućnosti za eksperimentalnu detekciju niza novih svojstava materijala (anizotropija magnetootpora, različita magnetska uređenja, Shubnikov-de Haas oscilacije, određivanje parametara Fermijeve plohe nekog materijala, a u određenim slučajevima i sam oblik Fermijeve plohe, gigantski i kolosalni magnetoopor itd.). Predviđa se eksperimentalno istraživanje navedenih efekata u nedavno otkrivenim LAO/STO heterostrukturama vrlo zanimljivih svojstava, u jakim magnetskim poljima do 18T i temperaturnom opsegu od 300mK do 300K.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetotransportna svojstva kao metoda karakterizacije materijala

**Sadržaj teme:**

Hallov efekt je jedna od bitnih fizikalnih pojava koja se koristi za detaljnu karakterizaciju električnih svojstava nekog materijala, jer omogućuje određivanje koncentracije nosioca naboja (i njihov tip - elektroni ili šupljine) te iznos njihove električne pokretljivosti. Predviđa se eksperimentalno istraživanje Hallovog efekta različitih materijala (vodiči, poluvodiči, oksidne heterostrukture, itd.) u magnetskim poljima do 5T i u temperaturnom opsegu od 1.8K do 300K.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Proračun vodljivosti anizotropnih materijala

**Sadržaj teme:**

U modernoj eksperimentalnoj fizici često valja odrediti transportna svojstva uzoraka koji su malih dimenzija i nepravilnih oblika. Za takve uzorke, određivanje vodljivost može biti vrlo komplicirano. Ako je materijal još i anizotropan, tj. ako mu vodljivost ovisi o smjeru toka struje (u odnosu na kristalografske osi), proračun vodljivosti postaje vrlo zahtjevan zadatak. Cilj ovog rada je kontrolirana proizvodnja 'uzoraka', u kojima će se moći napraviti uzorak željenih dimenzija i željenog iznosa anizotropije. Za takve uzorke će se onda eksperimentalno određivati transportna svojstva i iz njih će se određivati vrijednosti vodljivost. Dobivene vrijednost će se uspoređivati sa teoretskim numeričkim proračunom.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Niskodimenzionalni i anizotropni sustavi - magnetootpor i Hallov efekt

**Sadržaj teme:**

U ovom radu proučavat će se transportna svojstva materijala karakteriziranih niskom dimenzionalnošću i anizotropnim transportnim svojstvima - sustavima u kojima je električna vodljivost ovisno o smjeru toka struje. Eksperimentalnim tehnikama koje uključuju mjerenje ovisnosti otpora o magnetskom polju i temperaturi te Hallovog efekta, odredit će se bitni parametri koji opisuju mikroskopsko osnovno stanje: broj i vrsta nosilaca naboja, energetski procjep i približna svojstva Fremijeve plohe.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Zoran Basrak

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Detekcija brzih neutrona za fiziku izospina

**Sadržaj teme:**

Razumijevanje nuklearne jednadžbe stanja, osobito njezine izospinske asimetrije, neophodno je za opisivanje astrofizičkih pojava poput fenomenologije i dinamike neutronske zvijezde, eksplozije supernova i procesa nukleosinteze. U laboratorijskim uvjetima na Zemlji u tu se svrhu koriste relativistički sudari teških iona. Predložena tema diplomskog rada usko je vezana s realizacijom trenutno najopsežnijeg znanstvenog projekta FAIR (<http://www.fair-center.eu/>), točnije njegove nuklearne komponente NuSTAR, odnosno detektora neutrona NeuLAND (New Large-Area Neutron Detector, <http://www.fair-center.de/fileadmin/fair/experiments/NUSTAR/Pdf/TDRs/NeuLAND-TDR-Web.pdf>). Detekcija brzih neutrona u reakcijama teških iona korisno je oruđe u proučavanju strukture atomske jezgre i nuklearne tvari. Budući da su neutroni elektrktrično neutralni izrada neutronske detektora velike efikasnosti i velike prostorne i vremenske moći razlučivanja predstavlja veliki izazov. Detektor NeuLAND će se sastojati od scintilacijskih šipki koje je potrebno sustavno testirati. Uz ponašanje samog detektorskog materijala, također je potrebno testirati novu elektroniku za očitavanje te optimizirati njezin rad. Student će steći znanja i vještine u problematici djelovanja neutrona na materiju, osnovama izospinske fizike i njenu relevantnost za astrofiziku, upoznati se sa scintilacijskim plastikama, ultrabrzom elektronikom i vrhunskom tehnologijom nuklearnih materijala, te postupcima obrade velike količine podataka što otvara sjajne mogućnosti za nastavak rada u eksperimentalnoj nuklearnoj fizici.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivo Batistić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Aproksimacija srednjeg polja na frustriranoj Kondo rešetci sa spinom  $S=1$ .

**Sadržaj teme:**

Kondo rešetka spinska rešetka koja međudjeluje sa slobodnim elektronima. Elektroni međudjeluju putem spinskog podsustava. Kondo rešetke predstavlja jedan od još neriješenih problema u fizici kondenzirane tvari. Točno poznavanje faznog dijagrama i svojstava Kondo rešetke pripomoglo bi, među ostalim i boljem razumjevanju visikotemperaturnih supravodiča. Ovdje se predlaže istražiti svojstva i fazni dijagram frustrirane Kondo rešetke služeći se dobropoznatom aproksimacijom srednjeg polja. Problem ima dodatni nivo složenosti zbog spinske frustracije (geometrija rešetke je takva da sve veze među spinovima ne mogu se naći u energijski optimalnom antiferomagnetskom uređenju). Ovaj problem prikladan je za opis nekih slojastih dihalogenida s prijelaznim metalima kao što je  $\text{Co}_{0.33}\text{NbS}_2$ .

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivo Batistić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Primjena dinamičke aproksimacije srednjeg polja na Hubbardov model

**Sadržaj teme:**

Radi se o temi iz fizike kondenzirane tvari.

Jako korelirani sustavi imaju bogati fazni dijagram u kojem se pojavljuje mnoštvo faza kao što je (anti)feromagnetsko stanje, supravodljivo stanje, valovi gustoće naboja i sl. Ovakvi sustavi predstavljaju veliki problem i izazov jer se na njih ne može primjeniti račun smetnje. U zadnje vrijeme razvijena je dinamičke aproksimacija srednjeg polja koja se pokazala konceptualno jednostavna ali i sposobna reproducirati osnovne svojstva jako koreliranih sustava. Dinamička aproksimacije srednjeg polja već je primjenjena na Hubbardov model. Od studenta se očekuje da prouči literaturu vezanu uz temu te da naravi računalni program koji je sposoban reproducirati poznate rezultate. To će mu otvoriti perspektivu u budućnosti da istu aproksimaciju primjeni na još neistražene probleme.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivo Batistić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fotoelektrični efekt - teorija i njegova primjena u istraživanjima, industriji i energetici

**Sadržaj teme:**

U diplomskom radu bi se obradio fotoelektrični efekt: historijski počeci, teorija i razumjevanje pojave, njegova primjena u istraživanju materijala, suvremene varijante fotoelektričnog efekta (fotoelektronska spektroskopija), te primjena u energetici (uređaji, problemi). Literatura za temu postoji na internetu, te ima je više nego što je poželjno pa će stoga trebati napraviti selekciju između onoga što se nađe i sve to objediniti u konzistentan tekst.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Goranka Bilalbegović

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** ASE korisničko sučelje za modeliranje kristala i nanostrukture

**Sadržaj teme:**

Danas se u fizici i drugim prirodnim znanostima razvijaju specijalna sučelja napisana u Pythonu. Takav korisnički paket sadrži osnovne programe (napisane u programskim jezicima Fortran, C, i/ili Python), dok su skripte, GUI te programi vizualizacije i animacije napisani u Pythonu. Ta sučelja rješavaju određene probleme (npr. u fizici su to modeliranje kristala i nanostrukture, ili zvijezda i galaksija). Za ovaj diplomski rad je planirana analiza ASE (Atomic Simulation Environment) korisničkog sučelja za upravljanje programima modeliranja te vizualizaciju kristala i nanostrukture. Predviđena je i priprema uvodnog modula o kristalima i nanostrukturama za srednje škole. ASE razvija Center for Atomic-scale Materials Design, Technical University of Denmark.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Goranka Bilalbegović

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Stvaranje molekula vodika na površinama kozmičke prašine

**Sadržaj teme:**

Na površinama zrnaca kozmičke prašine odvijaju se fizički i kemijski procesi značajni za formiranje zvijezda i evoluciju galaksija. Poznato je da veliki broj H<sub>2</sub> molekula u difuznim i gustim područjima međuzvezdanog prostora nije mogao nastati u plinskoj fazi te da su površine zrnaca kozmičke prašine katalizatori u stvaranju H<sub>2</sub>. Za ovaj diplomski rad je planirana Monte Carlo simulacija površina amorfnog ugljika, olivina i amorfnog H<sub>2</sub>O leda. Predviđena je analiza procesa adsorpcije i desorpcije atoma vodika te stvaranja molekula vodika na površinama kozmičke prašine i to pod različitim uvjetima koji postoje u međuzvezdanom prostoru.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Nevenko Bilić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Termodinamika tamne energije

**Sadržaj teme:**

Ubrzano širenje svemira pripisuje se kozmičkoj supstanci nazvanoj tamna energija koja posjeduje negativni tlak. Istražit će se termodinamčka svojstva nekih modela tamne energije, posebice modela tipa k-esencije (k-essence), primjenom formalizma teorije polja na konačnoj temperaturi. Posvetit će se pažnja izvodu entropije i termodinamičkih funkcija putem termalnih fluktuacije polja k-esencije.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Nevenko Bilić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Gravitacija tipa f(R) i primjena u kozmologiji

**Sadržaj teme:**

Proučit će se modeli modificirane Einsteinove teorije gravitacije u kojima se umjesto Riccijevog skalara R koristi općenita funkcija od R. Ispitat će se različiti modeli koji se primjenjuju u opisu ubrzanog širenja svemira.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Katica Biljaković

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Utjecaj nereda na termodinamička svojstva sistema s valom gustoće naboja/spina

**Sadržaj teme:**

U okviru aktivnosti Laboratorija za kompleksne sisteme (LabKoS) proučavamo utjecaj defekata kontrolirano stvorenih ozračivanjem protonima na termodinamička i transportna svojstva sistema s valovima gustoće naboja/spina (VGN/S). Posebna pažnja posvećena je niskim temperaturama na kojima se javljaju svojstva tipična za stakla i neuređene sisteme. Za temu diplomskog rada predložimo proučavanje utjecaja nereda na toplinski kapacitet jednog od srodnih VGN sistema  $K0.3MoO3$  ili  $Rb0.3MoO3$  (alternativno VGS sistema  $(TMTSF)2PF6$ ). Mjerenja toplinskog kapaciteta omogućavaju istraživanje promjene svojstava samog prijelaza u VGN/S stanje kao i doprinosa niskoenergetskih pobuđenja VGN/S uređenja na niskim temperaturama, tzv. Bozonskog vrška, u ovisnosti o stupnju nereda. U okviru izrade diplomskog rada pristupnik bi se upoznao s tehnikama rada na niskim temperaturama, tehnikom i metodom analize ozračivanja ionskim snopovima, metodama mjerenja i teorijske analize toplinskog kapaciteta i teorijama vala gustoće naboja/spina kao i konceptata prihvaćenih u fizici neuređenih sustava, odnosno stakala.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike

**Mentor:** dr. sc. Katica Biljaković

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Toplinski kapacitet kompleksnih sistema

**Sadržaj teme:**

Toplinski kapacitet mjeri sposobnost sistema da primi toplinsku energiju na danoj temperaturi. Kako svi stupnjevi slobode u sistemu doprinose toplinskom kapacitetu, mjerenja toplinskog kapaciteta omogućuju ispitivanje pobuđenja u različitim podsistemima poput fononskog, elektronskog, spinskog kao i promjena (faznih prijelaza) u tim podsistemima. Sveobuhvatnost i relativna jednostavnost metode mjerenja toplinskog kapaciteta čine je i dalje jednom od nezaobilaznih metoda u fizici kondenzirane materije. Einstein je rekao - Ako trebate izabrati samo jednu metodu za ispitivanje nekog sistema, izaberite mjerenje toplinskog kapaciteta. U našem laboratoriju mjerimo pulsnom metodom toplinski kapacitet veoma malih uzorka (oko mg) u širokom temperaturnom području od 320 K do 2 K, i po potrebi u magnetskom polju do 9 T. Ispitujemo kompleksne sisteme - kvazi jednodimenzionalne kristale s kolektivnim stanjima poput vala gustoće naboja ili spina (istražujemo fazne prijelaze i niskotemperaturne doprinose toplinskom kapacitetu koji su neočekivano slični staklima), metalna stakla (iz fononskog i elektronskog doprinosa na niskim temperaturama procjenjujemo Debyevu temperaturu i gustoću elektronskih stanja na Fermijevom nivou) te neke nove sisteme s neobičnim magnetskim svojstvima i faznim prijelazima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Ivančica Bogdanović-Radović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Izrada modula za in-situ RBS i ERDA mjerenja

**Sadržaj teme:**

Spektroskopije elastično unatrag raspršenih iona (RBS) i elastično izbijenih iona (ERDA) dvije su važne metode za određivanje elementnog sastava i dubinskih profila elemenata u uzorcima koje se već godinama koriste na akceleratorima u Laboratoriju za interakcije ionskih snopova na Institutu Ruđer Bošković. Cilj ovog rada bila bi izrada modula (nosač uzoraka sa grijanjem i mjerenjem temperature) pomoću kojeg bi se preko RBS i ERDA mjerenja mogli proučavati u realnom vremenu (in situ) efekti grijanja na uzorak kao što su difuzija, miješanje pojedinih slojeva ili otpuštanje pojedinih elemenata iz uzorka. Diplomski rad uključivao bi uz izradu modula i mjerenja na uzorcima u kojima se očekuju promjene uzrokovane porastom temperature. Rad bi u potpunosti bio izrađen korištenjem iona MeVskih energija na akceleratorima Instituta Ruđer Bošković.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Ivančica Bogdanović-Radović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Dobivanje nanožica ozračivanjem materijala ionima MeVskih energija

**Sadržaj teme:**

Kod ozračivanja polimernih folija ionima MeVskih energija nastaju latentni tragovi koji predstavljaju područja trajnog oštećenja folije duž putanje kojom je prošao ion. Ti tragovi obično su dugački desetak mikrometara a široki svega nekoliko nanometara i predstavljaju idealan kalup za proizvodnju metalnih žica nanometarskih dimenzija. U ovom radu prvo bi se napravila oštećenja u tankim polimernim folijama korištenjem iona MeVskih energija. Nakon toga, folije bi se kemijski jetkale da bi se odstranio oštećeni dio materijala i dobili cilindri (kalupi) za narastanje nanožica elektrodepozicijom. Cilj ovog rada bio bi proučiti eksperimentalne uvjete potrebne za dobivanje različitih vrsta nanožica. Diplomski rad u potpunosti bi bio izrađen korištenjem teških iona MeVskih energija na Tandem Van de Graaff akceleratoru Instituta Ruđer Bošković.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

|                      |  |                     |     |
|----------------------|--|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | prof. dr. sc. Damir Bosnar   | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Sakupljanje i obrada podataka kod jednostavnog detektorskog sustava za mjerenje života kozmičkih miona   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Mjerenje života kozmičkih miona je jedan od klasičnih eksperimenata za studentske laboratorijske vježbe, no u većini slučajeva realiziran je uporabom „profesionalnih“ uređaja rabljenih kod mjerenja u fizici elementarnih čestica i nuklearnoj fizici. U novije vrijeme, razvojem elektronike, moguća je realizacija ovog eksperimenta s jednostavnijom elektronikom i sustavom za sakupljanje podataka. U ovom diplomskom radu razvit će se programsko sučelje za sakupljanje podataka i algoritmi za obradu podataka za jedan jednostavni detektorski sustav za mjerenje vremena života kozmičkih miona. Ovako postavljen eksperiment pogodan je i kao vrlo atraktivan eksperiment za naprednije laboratorijske pokuse u srednjim školama. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike   |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | prof. dr. sc. Damir Bosnar  | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Detektorski sustav za mjerenje života kozmičkih miona baziran na silicijskim fotomultiplikatorima   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Mjerenje života kozmičkih miona je jedan od klasičnih eksperimenata za studentske laboratorijske vježbe, no osim što je realiziran uporabom "profesionalne" elektronike rabljenih u fizici elementarnih čestica i nuklearnoj fizici za iščitavanje scintilacijskih detektora, kojima se detektira raspad miona, obično se upotrebljavaju klasične fotomultiplikacijske cijevi. U diplomskom će se izgraditi detektorski sustav za mjerenje života miona koji je baziran na novom načinu iščitavanja scintilacijskih detektora pomoću silicijevih fotomultiplikatora koji su znatno jednostavniji od fotomultiplikacijskih cijevi. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike   |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | prof. dr. sc. Damir Bosnar  | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Nuklearne reakcije od astrofizičkog značenja  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Elementi teži od željeza nastali su pretežno neutronske uhvatima na jezgrama i raspadom nastalih produkata u zvijezdama. Zagrebačka grupa sudjeluje u istraživanjima reakcija neutronske uhvata n_ToF kolaboracije na CERNu, <a href="https://ntof-exp.web.cern.ch/ntof-exp/">https://ntof-exp.web.cern.ch/ntof-exp/</a> , na različitim jezgrama od značaja za stelarnu nukleosintezu kao i za tehnološke aplikacije u novoj generaciji nuklearnih reaktora. Već prema prema interesu kandidata moguć je izbor između nekoliko tema diplomskih radova u ovom području: simulacija neutronske osjetljivosti detektora, izgradnja i ispitivanje detektora, simulacija efikasnosti detektora za gama zračenje za eksperimente n_ToF kolaboracije. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                     |     |

**Mentor:** dr. sc. Vuko Brigljević

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Karakterizacija silicijskih piksel detektora

**Sadržaj teme:**

CMS (Compact Muon Solenoid) je čestični detektor koji se nalazi na LHC kompleksu u CERNu, Švicarska. Sustav za praćenje putanja nabijenih čestica u CMSu sastoji se od dva poddetektora: silicijskog trakastog detektora i silicijskog piksel detektora, koji je ujedno i detektor koji se nalazi najbliže točki interakcije u CMSu. Svrha ovog detektora jest dati informacije o putanjama čestica nastalih u sudarima s čim većom preciznosti. Velika gustoća putanja čestica, koja je posljedica blizine točke interakcije, zahtijeva upotrebu piksel detektora, koji može dati trodimenzionalnu informaciju o putanjama, a da se pri tome ne zasite pojedini pikseli. Precizno mjerenje pojedinih putanja vrlo je važno kako bi se mogli odrediti njihovi udarni parametri, koji se koriste pri, npr., određivanju b- ili tau mlazova. Sam se piksel detektor u CMSu sastoji od tri bačvasta i dva plosnata sloja sastavljena od niza silicijskih senzora spojenih na čipove za iščitavanje signala (ROCs). Kandidat za diplomski rad morao bi najprije okarakterizirati rad jednog takvog čipa, kao i jednog polu-modula koji se sastoji od 8 čipova. Karakterizacija čipa vršila bi se najprije pomoću poznatih standardnih testova u uvjetima kontrolirane vlažnosti i temperature, a zatim i pomoću laserskog postava. Nakon karakterizacije, mogao bi se promatrati odaziv čipa (ili dijela čipa) koji je bio ozračen određenom dozom zračenja i uspoređivati s odazivom čipa koji to nije bio. Taj bi se konačan dio rada mogao izvršiti pomoću visoko fokusiranog čestičnog snopa, koji je dostupan kao dio akceleratorškog kompleksa na Institutu Ruđer Bošković.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Hrvoje Buljan

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Pseudomagnetske sile na ultrahladne atome

**Sadržaj teme:**

U diplomskom radu istraživati će se utjecaj laserskih snopova na ultrahladne atome i mogućnost stvaranja pseudo-magnetskih sila na te atome u gibanju.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Hrvoje Buljan

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Pseudomagnetska polja za fotone

**Sadržaj teme:**

Istraživati će se dizajn i svojstva fotoničkih struktura (fotoničkih kristala) u kojima propagacija svjetlosti ima analogno ponašanje nabijenim kvantnim česticama u magnetskom polju.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Hrvoje Buljan

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Teorija katastrofe; voditelj: Prof.dr.sc. Boris Podobnik, Sveučilište u Rijeci

**Sadržaj teme:**

U matematici ova teorija je grana teorije bifurkacije i primjenjuje se u dinamičkim sustavima i fenomenima karakteriziranim naglim promjenama i prijelazima iz jedne faze u drugu. Karakteriziraju je potencijali s metastabilnim stanjima.

LITERATURA Saunders, Peter Timothy. An Introduction to Catastrophe Theory. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1980.

Thom, René. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989. ISBN 0-201-09419-3.

Thompson, J. Michael T. Instabilities and Catastrophes in Science and Engineering. New York: Wiley, 1982.

Zeeman, E.C. Catastrophe Theory-Selected Papers 1972&#8211;1977. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Hrvoje Buljan

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Izrada kompjutorskih simulacija za demonstracijske probleme u klasičnoj elektrodinamici

**Sadržaj teme:**

U okviru diplomskog rada predviđa se izrada kompjutorskih simulacija koji će demonstrirati neke of efekata iz klasične elektrodinamike, npr. ponašanje elektrostatskih i magnetostatskih polja za neke konfiguracije struja i naboja, propagacija valova u valovodima i fotoničkim strukturama, indukcija itd.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Maja Buljan

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Priprava i strukturni opis materijala baziranih na samouređenim nanočesticama

**Sadržaj teme:**

Materijali bazirani na prostorno uređenim nanočesticama iznimno su popularni zbog interesantnih svojstava i velikih mogućnosti primjene u nanotehnologiji. Naša grupa je nedavno razvila novu metodu pripreme takvih materijala, koja omogućava da se nanočestice uređuju u pravilne trodimenzionalne rešetke unutar amorfnih matrica (podloga). Tema diplomskog rada je priprava jednog tipa takvog materijala rasprašenjem u magnetronskom izvoru čestica i njegov strukturni opis metodom GISAXSa (grazing incidence small angle x-ray scattering). U okviru teme bi se pripravila serija tankih višeslojnih filmova sastavljenih od Si, Ge ili Si/Ge core-shell nanočestica u amorfnoj Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ili ZnO matrici, gdje bi se varirali uvjeti depozicije (temperatura, debljina slojeva ili volumni udio poluvodičkih materijala). Istraživale bi se ovisnosti oblika, veličine i prostornog rasporeda nanočestica o uvjetima pripreme. Ta strukturna svojstva odredila bi se analizom GISAXS mjerenja na pripremljenim uzorcima. Za analizu postoji ugodni program za simulaciju eksperimentalno izmjerenih podataka. Dobivena strukturna svojstva bi se koristila za objašnjenje mehanizama samouređenja nanočestica u tim materijalima, njihovih optičkih i transportnih svojstava, te primjeni za foto-električnu konverziju.

Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=242416>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivana Capan

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Poluvodički nanokristali

**Sadržaj teme:**

Poluvodički nanokristali za uređaje nove generacije (detektori, solarne ćelije, memorije). Električna karakterizacija poluvodičkih nanokristala (Si i/ili Ge) sa slijedećim tehnikama: I-V, C-V, C-T i kapacitivnom tranzijentnom spektroskopijom. Dopiranja nanokristala (P, Er, Nd) metodom ionske implantacije. Više informacija: <http://www.irb.hr/users/capan>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Irena Ciglenečki-Jušić  | <b>Institucija:</b> | IRB |
| <b>Naslov teme:</b>  | Modeliranje i dinamika osnovnih fizičko-kemijskih parametara Rogozničkog jezera pomoću generalnih turbulentnih modela (GOTM)"   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Rogozničko jezero predstavlja kompleksan bio-kemijski sustav s jedne strane, a dobro definiran zatvoren sustav s fizičko-oceanografske strane. Mala komunikacija s morem omogućava nam razmatranje dinamike jezera samo u vertikalno-vremenskoj dimenziji upravo idealno za 1D GOTM (generalizirani oceanografski turbulentni model). Prilikom određivanja dinamike koristiti će se GOTM model, forsiran stvarnim mjerenim atmosferskim parametrima, koji će u konačnici biti uspoređen s dostupnim i stvarnim mjerenjima u jezeru. U okviru ovog rada na osnovu do sada sakupljenih hidrografskih i osnovnih fizičko-kemijskih parametara vodenog stupca Rogozničkog jezera te meteoroloških prilika atmosfere (temperatura, tlak, vlaga, padaline, vjetar) na područja mjesta Rogoznica izraditi će se fizički model izmješavanja vodenog stupca jezera. Istim modelom pokušati će se objasniti glavni biogeokemijski procesi u jezeru. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački), prof. fizike   |                     |     |

|                      |  |                     |     |
|----------------------|--|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Maro Cvitan  | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Definicije energije u teorijama gravitacije  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Objasniti probleme pri definiciji energije, proučiti najvažnije kandidate. Konkretno, pokušati provjeriti slažu li se razne definicije u određenim slučajevima. Literatura: Phys.Rev. D50 (1994) 846-864 ( <a href="http://arxiv.org/abs/gr-qc/9403028">http://arxiv.org/abs/gr-qc/9403028</a> ), Phys.Rev.D67:084009,2003 ( <a href="http://arxiv.org/abs/hep-th/0212292">http://arxiv.org/abs/hep-th/0212292</a> ), Living Rev. Relativity 12 (2009), 4 ( <a href="http://www.livingreviews.org/lrr-2009-4">http://www.livingreviews.org/lrr-2009-4</a> ). |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)  |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Maro Cvitan   | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Izrada interaktivnih zadataka iz programiranja  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Cilj je dizajnirati nekoliko tipova interaktivnih zadataka iz određenog programskog jezika (C/C++, Java, Python, ...). Za svaki tip interaktivnog zadatka potrebno je napraviti program koji će generirati zadatke tog tipa npr. u HTML formatu ili u nekom formatu pogodnom za ubacivanje u postojeće sustave za e-učenje kao što je Merlin/Moodle. Takvi zadaci mogu poslužiti u nastavi kao pomoćno sredstvo studentima pri učenju osnovnih elemenata programiranja: izraza, operatora, pokazivača, petlji i sl. Također mogu poslužiti i za provjeru znanja. Tema je pogodna za više diplomskih radova. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | prof. fizike i informatike  |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Maro Cvitan   | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Kerr/CFT korespondencija  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Proučiti neke aspekte korespondencije ekstremnih Kerrovih crnih rupa i konformne teorije polja u dvije dimenzije, naglasak na Phys.Rev. D80 (2009) 124008 ( <a href="http://arxiv.org/abs/arXiv:0809.4266">http://arxiv.org/abs/arXiv:0809.4266</a> ). Pokušati naći sustavni put pronalaženja skupa difeomorfizama i rubnih uvjeta koji omogućuju korespondenciju. Literatura: Living Rev.Rel. 15 (2012) 11 ( <a href="http://www.livingreviews.org/lrr-2012-11">http://www.livingreviews.org/lrr-2012-11</a> ). |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Nazif Demoli  | <b>Institucija:</b> | IFS |
| <b>Naslov teme:</b>  | Određivanje rezonantnih modova titranja plohe krutog tijela primjenom vremenski usrednjene digitalne holografije  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Holografija je metoda bilježenja i rekonstruiranja valne fronte svjetlosnog polja (amplitudna i fazna informacija sačuvane). Fizikalne osnove obuhvaćaju svojstva valne prirode svjetlosti te interferenciju i difrakciju. Vremenski usrednjena holografija omogućuje vizualiziranje modalne strukture titranja neke općenito hrapave površine. Na Institutu za fiziku u Zagrebu razvijen je postupak koji omogućuje takvo vizualiziranje u realnom vremenu. Zadatak diplomskog rada: za predmet ili predmetni sklop (po vlastitom izboru) treba naći rezonantne modove titranja te diskutirati raspodjelu nađenih nodova (stacionarna područja) i antinodova (područja maksimalne amplitude titranja). Tijekom izrade rada, student će se upoznati s eksperimentalnim postavom digitalne holografije u realnom vremenu te s postupcima optičkog bilježenja i numeričkog rekonstruiranja holograma. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike  |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Nazif Demoli  | <b>Institucija:</b> | IFS |
| <b>Naslov teme:</b>  | Utjecaj uređenosti zapisa na smetnje u digitalnoj holografiji   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Počeci holografije karakterizirani su upotrebom koherentnih izvora svjetlosti i visoko-razlučivih foto-emulzija. Za snimanje holograma korišten je, u takvoj klasičnoj holografiji, foto-materijal s razlučivanjem 1-2 reda veličine većim od razlučivanja foto-materijala koji se primjenjuju u standardnoj fotografiji. Razvojem digitalne holografije, foto-materijal je zamijenjen matričnim foto-osjetljivim sensorima (kao što je CCD senzor), a optička rekonstrukcija je zamijenjena numeričkom obradom. Time je postupak snimanja holograma postao brži i fleksibilniji, ali je uređenost i malo razlučivanje matričnih senzora uzrokovalo niz problema kao što su: smetnja nultog reda difrakcije, speckle i alijasing. U okviru diplomskog rada trebalo bi u potpuno identičnim uvjetima snimiti holograme pomoću, s jedne strane, CCD senzora (digitalna holografija) i, s druge strane, crno-bijelog standardnog filma (klasična holografija, ali s nisko-razlučivim foto-materijalom). Usporedbom dobivenih rezultata treba prodiskutirati utjecaj uređenosti zapisa na smetnje u digitalnoj holografiji. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                     |     |

**Mentor:** dr. sc. Nazif Demoli

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Određivanje parametara mikrotvrdoće materijala pomoću digitalne holografske interferometrije

**Sadržaj teme:**

Digitalna holografija je postupak bilježenja i rekonstruiranja fazne informacije koju nosi predmetni snop svjetlosti, uz upotrebu CCD senzora umjesto holografske foto-ploče (što je obilježje klasične holografije). Digitalni hologram je, dakle, slika spremljena u memoriji računala koja nosi informaciju o kontrastu i fazi valne fronte koja dolazi s površine predmeta. Ako snimimo dva holograma površine predmeta, jedan prije i drugi nakon izazvane deformacije, zbrajanjem tih holograma dobivamo interferogram koji rekonstruiran prikazuje osim same slike predmeta također i pruge nastale na mjestu deformacije. Tako dobivamo holografsku interferometriju, tehniku s brojnim primjenama u raznim područjima ljudske djelatnosti (primjerice: ispitivanja bez razaranja, biomedicinska ispitivanja, ispitivanja dinamičkih pojava i vibracijskih modova i sl.). U Laboratoriju za koherentnu optiku u tijeku je izrada holografskog mikroskopa s mogućnošću primjene Vickersove piramide te potpuno novog pristupa mjerenju parametara mikrotvrdoće materijala. Zadatak diplomskog rada bio bi podesiti eksperimentalni uređaj (prilično zahtjevno) istražiti 3D profile utisnuća u raznim materijalima te odrediti pripadne parametre mikrotvrdoće.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Vito Despoja

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Elektronska i kristalna struktura grafena na površini srebra Ag(111)

**Sadržaj teme:**

Student izučava modifikacije elektronske i kristalne strukture grafena deponiranog na površini srebra Ag(111) pomoću ab initio metode. Student ima prvo zadatak da prouči i konstruira najoptimalniju jediničnu superćeliju koja se proteže kroz desetke slojeva srebra i dva sloja grafena na svakom kraju sloja srebra. Za najoptimalniju superćeliju student pomoću kompjutorskog paketa koji koristi DFT metodu i razvoj po ravnim valovima samosuglasno rješava elektronsku strukturu osnovnog stanja za danu kristalnu strukturu. Postupak samosuglasnog rješavanja osnovnog stanja se ponavlja u nekoliko narednih iteracija sve dok se ne postigne energijski najpovoljnija kristalna struktura. Na kraju student analizira koliko rekonstrukcija kristalne rešetke utječe na grafen>srebro, tj. srebro>grafen prijenos naboja te na modifikacije vrpčaste i kristalne strukture grafena.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Vito Despoja

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Primjena numeričke metode Runge-Kutta na rješavanje problema početnih i rubnih uvijeta

**Sadržaj teme:**

Student izučava kako se numerička metoda Runge-Kuta za rješavanje diferencijalnih jednadžbi može primijeniti na problem početnih te rubnih uvijeta koji se javljaju u fizici. Metodu početnih uvijeta student primjenjuje na analizu konkretnih analitički neriješivih mehaničkih problema, npr. oscilacije fizikalnog njihala ili gibanje zvrka u gravitacijskom polju. Metodu rubnih uvijeta student primjenjuje na rješavanje probleme vlastitih vrijednosti kao što su rješavanje Scrodingerove jednadžbe za proizvoljnu 1D potencijalnu jamu. Rezultati se u limesu uspoređuju sa analognim analitički rješivim problemima.

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** doc. dr. sc. Vito Despoja

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Elektronska pobuđenja u dvoslojnom grafenu

**Sadržaj teme:**

Student izučava elektronsku strukturu osnovnog stanja i elektronska pobuđenja u dvoslojnom grafenu pomoću tzv. ab initio metode koja se bazira na DFT teoriji i razvoju kristalnog potencijala po ravnim valovima. Prvi korak je izračun elektronskih orbitala i vrpčaste strukture u osnovnom stanju za dvoslojni grafen. Pomoću vrpčaste strukture konstruira se odzivna funkcija neinteragirajućeg elektronskog plina. Iz takve odzivne funkcije računa se RPA odzivna funkcija i propagator zasjenjene kulonske interakcije. Pomoću imaginarnog dijela propagatora zasjenjene kulonske interakcije računa se brzina disipacije energije u sistem odnosno spektar elektronskih pobuđenja. Analizom spektara pobuđenja student istražuje jednočestična i kolektivna (plazmonska) pobuđenja koja su za dvoslojni grafen još vrlo slabo istražena.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Stjepko Fazinić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Integrirani PIXE-XRF spektrometar za mjerenja u zraku

**Sadržaj teme:**

XRF (x-ray fluorescence) i PIXE (particle induced x-ray emission) spektroskopije su komplementarne nedestruktivne metode analize elemenata u krutim uzorcima bazirane na mjerenjima karakterističnog rentgenskog zračenja iz uzorka nakon pobude. Na Tandetron akceleratoru IRB-a instaliran je PIXE spektrometar s računalno kontroliranim XY koordinatnim držačem uzoraka za mjerenja uzoraka u zraku. U okviru ovog rada postojećem sistemu dodala bi se pobuda rentgenskom cijevi, čime bi se omogućila istovremena ili naizmjenična mjerenja XRF i PIXE metodama na istom uzorku. Nakon postavljanja, kombinirani PIXE-XRF sistem bi se testirao na poznatim i nepoznatim uzorcima, uključujući mono i više elementne tanke i debele standarde s poznatim elementalnim sastavom. Usporedili bi se spektri dobiveni PIXE i XRF metodama. Ispitale bi se granice detekcije za pojedine elemente, te razlike u odzivu po dubini kod debljih uzoraka. I za kraj, testirala bi se mogućnost vizualizacije 2D distribucije elemenata u selektiranom uzorku putem obje metode.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Davor Gracin

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Utjecaj grijanja na optička svojstva amorfno-nano-kristalnog silicija

**Sadržaj teme:**

Amorfno-nano-kristalni hidrirani silicij, a-nc-Si:H, je složeni materijal koji se sastoji od amorfne matrice silicija i vodika u koju su ugrađeni kristali silicija nano-metarskih dimenzija. Vodik je jednim dijelom vezan za silicij u defektima koji odgovaraju manjku jednog ili više atoma silicija u amorfnoj matrici, dijelom na graničnim plohamo amorfne matrice i nano-kristala a dio se nalazi u većim strukturnim defektima. Zagrijavanjem na različitim temperaturama, vodik izlazi iz materijala. Na najnižim temperaturama se očekuje pražnjenje većih šupljina. Ovo bi trebalo imati za posljedicu smanjenje naprezanja u filmu. Na višim temperaturama se očekuje pucanje Si-H veza uz efuziju vodika i povećanje koncentracije defekata vezanih za valentne elektrone Si koji nisu u kemijskoj vezi. Očekuje se da ovakvi procesi imaju za posljedicu promjenu distribucije energetske stanja elektrona koja se odražava na spektralnu raspodjelu koeficijenta apsorpcije,  $\alpha$ , i indeksa loma,  $n$ , materijala. Ove promijene će se pratiti mjerenjem transmisije i refleksije na tankom filmu a-nc-Si:H prije i nakon grijanja na različitim temperaturama. U određivanju vrijednosti za  $\alpha$  i  $n$  će se koristiti relacije za više slojne tanke filmove izvedene pomoću Fresnel-ovih jednadžbi i prigodan računarski program za prilagodbu računa eksperimentalnim podacima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike

**Mentor:** dr. sc. Mirta Herak

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Magnetska anizotropija sustava sa spinskim tetramerima CuSeO<sub>3</sub>

**Sadržaj teme:**

Magnetski materijali su svi materijali koji u sebi imaju tzv. magnetske ione koji, zbog nepopunjene vanjske elektronske ljuske, imaju konačan magnetski moment. Interakcija među tim momentima određuje hoće li magnetski materijal biti paramagnet, feromagnet ili antiferomagnet. Te interakcije mogu biti izražene samo u nekim smjerovima, a zanemaruje u drugim, pa magnetski materijali mogu biti "nižedimenzionalni" ( $D < 3$ ). Tako možemo imati i 1D ili 2D magnetske rešetke, a posebno mjesto zauzimaju i tzv. 0D magnetske rešetke koje se sastoje od izoliranih spinskih klastera među kojima nema interakcije. Usprkos prividnoj jednostavnosti, takvi sustavi mogu imati vrlo zanimljiva i neočekivana osnovna stanja. Naše razumijevanje tih jednostavnih "modelnih" sustava od iznimne je važnosti za potencijalno "krojenje" magnetskih materijala sa željenim svojstvima u budućnosti.

Jedan takav niskodimenzionalni magnet je i CuSeO<sub>3</sub> u kojem postoje kvazi-izolirani spinski tetrameri [1]. Magnetizam ovog spoja dolazi od iona bakra koji nose spin  $S=1/2$ , a interakcija među spinovima je antiferomagnetska. Očekivano osnovno stanje takvog sustava je nemagnetsko. Međutim, zbog postojanja slabe interakcije među tetramerima ovaj sustav je pri niskim temperaturama uređen dugodosežno antiferomagnetski [1]. U paramagnetskom stanju ovog sustava detektirana je neuobičajena rotacija magnetskih osi s temperaturom u mjerenjima magnetskog momenta sile i elektronskog g faktora [1]. Za bolje razumijevanje te pojave potrebno je načiniti detaljna mjerenja magnetskog momenta sile u ovisnosti o temperaturi te mjerenja elektronske paramagnetske rezonancije.

Tema ovog diplomskog rada je eksperimentalno istraživanje spoja CuSeO<sub>3</sub> tehnikama mjerenja magnetskog momenta sile i elektronske paramagnetske rezonancije (EPR). Potrebno je načiniti detaljna mjerenja kutnih ovisnosti momenta sile pri različitim temperaturama, te kutnih ovisnosti g faktora i širine EPR linije pri istim temperaturama na istom uzorku. To će omogućiti koreliranje rezultata ta dva eksperimenta iz čega će se moći razlučiti dva različita doprinosa magnetskoj anizotropiji, onaj koji dolazi od g faktora, i onaj koji dolazi od anizotropije energije izmjene. Student(ica) će se pri izradi diplomskog rada trebati upoznati s te dvije mjerne tehnike te sudjelovati u mjerenjima i analizi podataka. Nužni alati koje će trebati savladati su program Origin za obradu podataka, program Mathematica te ATOMS software za crtanje kristalnih struktura. Mjerenja magnetskog momenta sile vršit će se u Laboratoriju za statička magnetska mjerenja na Institutu za fiziku, a EPR mjerenja vršit će se u Laboratoriju za magnetske rezonancije na Institutu Rudjer Bošković. Jedan od ciljeva diplomskog rada je da student(ica) po završetku rada stvori dobre temelje za daljnje bavljenje magnetizmom materijala.

[1] I. Živković, D. M. Djokić, M. Herak, D. Pajić, K. Prša, P. Pattison, D. Dominko, Z. Micković, D. Cinčić, L. Forro, H. Berger, and H. M. Ronnow, Site-selective quantum correlations revealed by magnetic anisotropy in the tetramer system SeCuO<sub>3</sub>, Physical Review B 86, 054405 (2012)

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Stohastički procesi u primijenjenoj fizici

**Sadržaj teme:**

Stohastičke procese generalno možemo definirati kao procese u kojima vrijednosti varijabli od interesa poprimaju nasumične vrijednosti. Tipični fizikalni sustavi u kojima se neka veličina nasumično mijenja su npr. položaj Brownove čestice koja se giba u nekom mediju pod utjecajem nasumičnih termičkih udara molekula fluida ili termičke fluktuacije naboja u nekom otporniku poznate i kao termički šum. Stohastičkim procesima opisujemo fizikalne sustave važne za istraživanja i u ostalim prirodnim znanostima. U kemiji se tako proučavaju kemijske reakcije i vjerojatnosti da se određene reakcije dogode. U biologiji (biofizici) se uvelike proučavaju razni difuzni procesi u stanicama i vremena potrebna da neki atom ili molekula unutar stanice dođe iz jedne točke u drugu, npr. iz unutrašnjosti stanice na njenu membranu. Također, stohastičkim procesima opisujemo i sustave iz društvenih znanosti kao npr. u ekonomiji, gdje promatramo kretanja cijena dionica na financijskim tržištima u ovisnosti o vremenu. Cilj diplomskog rada je definirati i matematički opisati neke osnovne stohastičke procese i pomoću njih matematički opisati odgovarajuće stohastičke sustave te pokazati konkretne fizikalne primjene istih. Takve sustave možemo opisati na dva osnovna načina. Prvi način je da neki sustav okarakteriziramo pomoću raspodjele gustoće vjerojatnosti neke mjerljive fluktuirajuće veličine koja opisuje skup vrijednosti koje ta nasumična veličina poprima. Uz određene pretpostavke, jednadžba kojom opisujemo vremensku evoluciju raspodjele gustoće vjerojatnosti neke mjerljive veličine je jednadžba difuzije, odnosno Fokker-Planckova jednadžba koja ima široku primjenu u fizici. Drugi način kojim opisujemo stohastičke sustave je korištenjem stohastičkih diferencijalnih jednadžbi koje sadrže nasumične vremenski ovisne članove kojima direktno opisujemo vremensku evoluciju neke mjerljive veličine. U diplomskom radu pokazati ćemo ekvivalentnost ta dva opisa. Radi jednostavnosti, ograničit ćemo se na tzv. kontinuirane stohastičke procese u kojima varijable od interesa poprimaju kontinuirane vrijednosti te nam omogućavaju primjenu formalizma diferencijalnih jednadžbi kao elegantnog načina opisivanja odgovarajućih stohastičkih sustava.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fizika ranog svemira

**Sadržaj teme:**

Kada govorimo o ranom svemiru zapravo govorimo o vremenu od Planckove epohe do rekombinacije. Fizikalni procesi koji su se odvijali u tom vremenu i njihov opis danas uključuje samu frontu fizikalnih istraživanja. Kako je fizika u tim epohama ne trivijalna i teško dostupna učenicima u srednjoj školi diplomski rad ima za zadatak napraviti pristupačan opis fizikalnih procesa u tim epohama. Opisi će sadržavati analogije iz svakodnevnog života pokrepljene izračunima koji daju korektan red veličine pojedinom fenomenima. Tako izrađeni diplomski rad može biti od velike koristi nastavnicima koji predaju taj dio gradiva u nastavi fizike četvrtog razreda srednje škole.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kritična točka u faznom dijagramu Nambu Jona-Lasinio modela

**Sadržaj teme:**

Kvark kroz interakciju s neperturbativnim gluonom generira kvarkovski propagator s dinamičkom masom, pružajući time eksplicitni alat za narušenje kiralne simetrije. Slikovito, stvoreni procjep u masi posljedica je spuštanja osnovnog stanja zbog kreiranja kvark-antikvark kondenzata. Ovo podsjeća na BCS teoriju supravodljivosti gdje se procjep u Fermijevom moru stvara kao posljedica Cooperovog sparivanja na Fermijevoj površini. Zapravo, inspirirani BCS teorijom, Nambu i Jona-Lasinio prvi su izgradili model koji je obuhvaćao dinamičko lomljenje kiralne simetrije kvantne kromodinamike. Sa računa na rešetci poznato je da prijelaz, na kemijskom potencijalu nula, između hadronske i faze u kojoj imamo kvark-gluon plazmu, nije nagli, strm fazni prijelaz, nego glatki, analitički prijelaz. U suprotnoj granici iščezavajuće temperature i konačnog kemijskog potencijala, nije moguće ab initio teorijski, niti eksperimentalno utvrditi prirodu faznog prijelaza. Radna hipoteza je da je prijelaz u tom području prvog reda. Ovo dozvoljava mogućnost kritične točke u faznom dijagramu. Diplomski rad baviti će se svojstvima kritične točke u faznom dijagramu kada uvedemo slamanje Lorentzove simetrije zbog utjecaja medija te kada mijenjamo interakciju između gluona i kvarkova iz lokalne u nelokalnu.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Brownovo gibanje

**Sadržaj teme:**

Brownovo gibanje je najjednostavniji kontinuirani stohastički proces te granični slučaj kompleksnijih stohastičkih procesa. Diplomski rad uključivao bi pregled Einsteinove teorije, pregled interdisciplinarnu primjenu Brownovog gibanja te izrade kompjuterske simulacije istog. Primjeri koji će se pogledati u diplomskom radu sa svim detaljima su procesi difuzije te vrijeme prvog prolaska koje je izrazito značajno u opisu biofizičkih procesa.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fazni prijelazi u kompleksnim mrežama

**Sadržaj teme:**

Nedavna tehnološka dostignuća omogućila stvaranje i proučavanje kompleksnih mreža u okviru npr. informacijskih tehnologija, biologije, fiziologije, ekonomije itd. Danas je to područje jedno od progresivnijih interdisciplinarnih područja znanosti. Ideja diplomskog rada je pokazati koje fazne prijelaze možemo imati u kompleksnim mrežama. Npr. kako je Isingov model povezan s kompleksnim mrežama te kako možemo Bose-Einsteinov kondenzat u mrežama opisati istim matematičkim modelima koji opisuju Bose-Einsteinov kondenzat. Tema diplomskog rada pogodnija je za smjer prof. fizike i informatike zbog potrebnog poznavanja programskih alata bez kojih se ova tema ne može izvesti.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Dario Hrupec

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Komparativna analiza Monte Carlo simulacija i stvarnih podataka s teleskopa MAGIC za nesavršene vremenske uvjete

**Sadržaj teme:**

Teleskopi MAGIC, smješteni na kanarskom otoku La Palmi, jedan su od vodećih instrumenata visokoenergijske gama-astronomije koja je pak trenutačno najperspektivnije i najpropulzivnije područje astročestične fizike. Povećanjem osjetljivosti uređaja, koje je postignuto nedavnom ugradnjom nove kamere teleskopa i pripadajuće elektronike, omogućena su preciznija opažanja poznatih fenomena i eventualni pristup novim fenomenima. U tom kontekstu sve važniji postaje utjecaj nesavršenih vremenskih uvjeta. Naime, atmosfera je dio detektora Čerenkovljevih teleskopa, kojima pripada i teleskop MAGIC, pa odstupanja od savršene atmosfere prestaju biti efekti drugog reda. Za analizu podataka neophodne su Monte Carlo simulacije, a u njih sada možemo uključiti različite raspodjele aerosola koje opisuju promjenu transparentnosti atmosfere po visini. Od studentice ili studenta očekuje se da uspoređi analizu stvarnih podataka Rakove maglice (standardne svijeće visokoenergijske gama-astronomije) uzetih pod nesavršenim atmosferskim uvjetima s Monte Carlo simulacijama nesavršenih atmosferskih uvjeta s ciljem parametriziranja Monte Carlo simulacija. Konkretno, stanje atmosferske transparentnosti (određeno, primjerice, pirometrom i lidarom) valja povezati s odgovarajućom raspodjelom aerosola koju je potrebno koristiti za Monte Carlo simulacije. Analiza podataka provest će se na serveru Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, a pripadajuće Monte Carlo simulacije na grozdu Sveučilišnog računalnog centra u Zagrebu korištenjem standardnih alata koji se inače koriste u fizici visokih energija te softvera za analizu podataka prikupljenih teleskopima MAGIC.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Milko Jakšić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Pretražna mikroskopija transmitiranih iona pomoću plinskog detektora

**Sadržaj teme:**

Prolaskom brzih iona kroz tanke uzorke dolazi do gubitka njihove energije koja je proporcionalna debljini uzorka na mjestu prolaska iona. Korištenjem pretražnog (scanning) fokusiranog ionskog snopa moguće je raditi oslikavanje (imaging) promjena debljina uzorka kroz koji ioni prolaze. Što je energija iona manja odnosno što je veća težina iona, mogućnosti detekcije većih promjena u debljini uzoraka raste. Kako bi omogućili oslikavanje promjena u debljini na nanometarskim razinama, potrebno je koristiti teške ione, čija je detekcija konvencionalnim poluvodičkim detektorima jako otežana zbog brzog oštećenja samog detektora. Nedavno su razvijeni jednostavni plinski proporcionalni detektori sa SiN prozorima koji su neosjetljivi na ozračavanje teškim ionima. Također je njihova energijska razlučivost u MeV-skome području energija bolja od silicijskih detektora. Cilj diplomskog rada je konstrukcija minijaturnog plinskog detektora, ispitivanje njegovih karakteristika za detekciju teških iona, te demonstracija korištenja detektora za STIM metodu na ionskoj mikroprobi akceleratorskog sustava na Institutu Ruđer Bošković.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Milko Jakšić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Implantacija i oslikavanje distribucija koncentracija bora u dijamantu ionskom mikroprobom

**Sadržaj teme:**

Implantacija bora jedna je od tehnologija koja se može iskoristi za stvaranje električki vodljivih područja linija u dijamantu. Korištenjem fokusiranog snopa iona bora MeV-skih energija ubrzanih u akceleratoru IRB-a, moguće je stvoriti vodljiva područja u dijamantu na dubini od nekoliko mikrometara. Cilj diplomskog rada bio bi dizajn eksperimenta kojim bi se izvršila: a) implantacija bora u dijamant i b) naknadna kvantitativna analiza distribucija koncentracija bora. Analiza bora bi se izvršila korištenjem nuklearne reakcije  $^{11}\text{B}(p,\alpha)^8\text{Be}$ . Nakon ionske implantacije, u sklopu diplomskog rada bi se konstruirao detekcijski modul sa Si pin diodama koje bi poslužili kao detektori produkata nuklearne reakcije s velikim prostornim kutom. Izvršila bi se i mjerenja kojima bi se optimizirala efikasnost detekcije bora, a analizom uzoraka s poznatom koncentracijom bora, sustav bi se kalibrirao za kvantitativna mjerenja. Konačno, konstruirani sustav bi se se primjenio na pretražno oslikavanje (scanning imaging) niskih koncentracija bora u imlantiranim uzorcima dijamanta.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Ivica Janeković

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Modeliranje i dinamika osnovnih fizičko-kemijskih parametara Rogozničkog jezera pomoću generalnih turbulentnih modela (GOTM)

**Sadržaj teme:**

Rogozničko jezero predstavlja kompleksan bio-kemijski sustav s jedne strane, a dobro definiran zatvoren sustav s fizičko-oceanografske strane. Mala komunikacija s morem omogućava nam razmatranje dinamike jezera samo u vertikalno-vremenskoj dimenziji upravo idealno za 1D GOTM (generalizirani oceanografski turbulentni model). Prilikom određivanja dinamike koristiti će se GOTM model, forsiran stvarnim mjerenim atmosferskim parametrima, te u konačnici uspoređen s dostupnim mjerenjima.

U okviru ovog rada na osnovu do sada sakupljenih hidrografskih i osnovnih fizičko-kemijskih parametara vodenog stupca Rogozničkog jezera te meteoroloških prilika atmosfere (temperatura, tlak, vlaga, padaline, vjetar) na područja mjesta Rogoznica izraditi će se fizički model izmješavanja vodenog stupca jezera. Istim modelom pokušati će se objasniti glavni biogeokemijski procesi u jezeru.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Gorjana Jerbić-Zorc

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Python - e-učenje i simulacije u nastavi fizike

**Sadržaj teme:**

Python je moćan, dinamičan programski jezik vrlo široke primjene. Zbog svojih osobina uključen je već i u gimnazijske programe iz informatike (dodatni, prošireni sadržaji). U diplomskom radu komentirat će se upotreba računalnih simulacija u nastavi fizike i primjena Pythona kao zajedničkog projektnog zadatka iz informatike i fizike.

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Gorjana Jerbić-Zorc

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Schrodingerova mačka

**Sadržaj teme:**

Zamišljeni Schroedingerov eksperiment poslužit će kao polazište za objašnjenje kvantne superpozicije i nekih interpretacija kvantne mehanike općenito. Posebna pažnja posvetit će se problemu kako kvantnu mehaniku objasniti učenicima srednje škole.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Dubravko Klabučar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kompleks eta-eta' mezona: plod dinamičkog narušenja kiralne i anomalnog narušenja aksijalne  $U_A(1)$  simetrije

**Sadržaj teme:**

Pobuđenja kvantne kromodinamike (QCD-a) svakodnevnog, niskoenergetskog svijeta čine mezoni i barioni (hadroni), u kojima su zatočeni fundamentalni stupnjevi slobode - kvarkovi i gluoni. Na niskim energijama QCD je izrazito neperturbativna, a zatočenje kvarkova i gluona nije jedini važni neperturbativni fenomen QCD-a. To je i spontano, dinamičko narušenje kiralne simetrije. Njena upadljiva manifestacija je mala masa okteta pseudoskalarnih mezona: piona, kaona i eta. Oni bi bili striktno bezmaseni, tzv. Goldstoneovi bozoni, da ne postoji i relativno maleno eksplicitno narušenje kiralne simetrije. To što QCD nema još i deveti laki pseudoskalarni mezon u svom osnovnom multipletu, nego je eta' čak nešto teži od nukleona, to je pak posljedica narušenja kvantnim efektima još jedne simetrije, aksijalne  $U(1)_A$ , koju QCD posjeduje na klasičnoj razini.

Izazov je prikazati pseudoskalarne mezone simultano i kao Goldstoneove bozone dinamičkog narušenja kiralne simetrije, i kao ono što znamo da oni također jesu, naime vezana stanja kvarka i antikvarka. To se uspijeva postići u okviru Schwinger-Dysonovog pristupa niskoenergetskom QCD-u. Dodatni je izazov kako pak u taj pristup uključiti i eta'-mezon, tj. korektno inkorporirati još i gluonsku, neabelovsku aksijalnu anomaliju QCD-a. To možemo postići oslanjajući se na relaciju Wittena i Veneziana, ali i na njena novija poopćenja. Pri tome valja voditi računa i o kvantnomehaničkom miješanju eta'-mezona sa svojim lakšim izoskalarnim partnerom, eta-mezonom, koji jest član lakog pseudoskalarnog okteta  $SU(3)$  grupe okusa.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivan Kokanović

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Utjecaj dopiranja vodika na transportna svojstva Zr-3d metalnih stakala

**Sadržaj teme:**

Student će istraživati vodljivost i magnetootpor Zr-3d metalnih stakala dopiranih vodikom. Istražit će se utjecaj vodika na transportna svojstva dopiranih uzoraka. Tokom rada student će se upoznati s tehnikom proizvodnje metalnih stakala, dopiranja istih vodikom kao i tehnikama mjerenja transportnih svojstava u temperaturnom području od sobne temperature do 1.5 K. Student će se upoznati s teorijama slabe lokalizacije, elektron-elektron interakcije i spinskih fluktuacija.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivan Kokanović

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetska svojstva visokotemperaturnih supravodiča YBCO monokristala

**Sadržaj teme:**

Student će istraživati magnetizaciju visokotemperaturnog supravodiča YBCO monokristala. Istražit će se utjecaj dopiranja kisikom na magnetska svojstva dopiranih uzoraka. Tokom rada student će se upoznati s tehnikom proizvodnje monokristala, dopiranja istih kisikom kao i tehnikama mjerenja magnetskih svojstava u temperaturnom području od sobne temperature do 5 K. Student će posebno istražiti supravodljive i magnetske doprinose magnetizaciji dopiranih uzoraka.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Marko Kralj

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Grafen: od sinteze do transfera i (opto-)elektroničkog sklopa

**Sadržaj teme:**

Grafen, jedan atomski sloj sp<sup>2</sup> ugljika superlativnih elektroničkih, mehaničkih i optičkih svojstava, u nekoliko posljednjih godina i danas, predvodi klasu novih materijala sa otvorenim mogućnostima za primjene u područjima elektronike, optike, fleksibilne transparentne elektrode, baterijama, pa sve do medicine. Za implementaciju grafena u sve te primjene, potrebno je dobivati uzorke pouzdane kvalitete na velikim skalama. U tom smislu, rast grafena na metalnim podlogama (epitaksijalni grafen), ključni je korak prema primjenama. Ovisno o tipu metalne podloge, grafen se dalje raznim načinima može transferirati na bilo koju drugu podlogu, ne temelju čega je moguće izgraditi hibridne strukture, sklopove i slično. Kroz ovaj diplomski rad, kandidat će provesti različite postupke sinteze epitaksijalnog grafena, te provesti osnovne karakterizacije metodama difrakcije elektrona niskih energija (LEED), mikroskopijom atomskih sila (AFM), i/ili Ramanovom spektroskopijom. Daljnji cilj rada je transfer grafenskih uzoraka na izolatorske podloge (npr. SiO), te mikro-kontaktiranje u sklop (device) pogodan za opto-elektronička mjerenja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike

**Mentor:** dr. sc. Nikša Krstulović

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Laserski proizvedene plazme i sinteza nanočestica u tekućinama

**Sadržaj teme:**

Nanočestice se danas koriste kao funkcionalni elementi na površinama i u volumenima kao funkcionalni elementi (npr. za unaprijeđenje učinkovitosti pohranjivanja energije), te kao bioaktivno sredstvo u biološkim mikro- i nano-sustavima (kao biomarkeri, u terapijske svrhe, za dostavu aktivnog sredstva u stanice, za dijagnostiku). Učinkovitost primjene i razvoja ove klase materijala uvelike ovisi o čistoći samih nanočestica. Za razliku od klasičnih načina sinteze nanočestica (putem kemijskih metoda gdje je problem prisutnosti nečistoća koje dolaze od prekursora kemijskih reakcija i raznih aditiva, ili putem kondenzacije u plinskim fazama gdje je čest problem agregacije u mikroobjekte i slabe raspršenosti) laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica velike čistoće (nanočestice se sastoje samo od materijala mete). Laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica širokog spektra materijala (metali, polimeri, keramika, poluvodiči, slitine) što nije slučaj s klasičnim tehnikama. Nadalje, prednost je također što je eksperimentalni postav vrlo jednostavan, dok se sintetizirane nanočestice mogu dodatno tretirati laserskim pulsevima čime se postiže veće raspršenost u otopini, veća stabilnost, manja i uža raspodjela po veličinama, itd. U ovome radu proučavat će se nanočestice ključne za primjenu u nanobiologiji; od zlata, srebra, titana, polimeri. Karakterizacije će se vršiti pomoću klasične fotoapsorpcije u UV-VIS dijelu spektra, istaloženih filmova tehnikom refleksije X-zraka, po potrebi Raman spektroskopijom i fotoapsorpcijom X-zraka. Također će se uzorci karakterizirati optičkim mikroskopom, mikroskopom atomskih sila kao i transmisivskim elektronskim mikroskopom. Za bolje razumijevanje procesa nastanka nanočestica putem laserske ablacije vršit će se i optička emisijska spektroskopija plazme koja nastaje prilikom upada laserskog pulsa na metu (laserski inducirana 'breakdown' spektroskopija). Također će se proučavati utjecaj tretmana uzorka dodatnim laserskim pulsevima bilo nakon sinteze ili u smislu dvostruke laserske ablacije kada se očekuje dodatna deagregacija, dodatno oblikovanje i bolja raspršenost u tekućinama. U smislu optimizacije, mjerenja će se vršiti nanosekundnim laserima s raznim valnim duljinama (308, 532 i 1064 nm).

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Nikša Krstulović

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Spektroskopska analiza laserski proizvedenih sudarnih plazmi

**Sadržaj teme:**

Laserski proizvedene plazme (LPP) nastaju procesom laserske ablacije kada se laserski puls fokusira na površinu mete. Tada se iznad površine mete formira oblak vruće i guste plazme koji evoluiru u prostoru i vremenu, te se radijativno hladi. Kako se plazmeni oblak širi, tako se i sadržaj plazme mijenja. Općenito prilikom laserske ablacije metu prvo napuštaju elektroni, potom ioni, atomi i molekule, a na kraju nano- i mikročestice (nastaju ili direktno iz mete ili procesima kondenzacije u ablacijskom oblaku). Ako se LPP širi u nekom pozadinskim plinu, zbog sudarnog međudjelovanja, moguće je i formiranje novih molekula od interesa. Da bi se svi ovi vrlo kratki procesi detektirali i pratili potrebna je pogodna i visokorazlučiva tehnika. U našem laboratoriju koristimo vrlo osjetljivu lasersku apsorpcijsku spektroskopiju pomoću optičkog rezonatora, LASPOR (engl. Cavity Ring-Down Spectroscopy, CRDS) koja omogućuje analizu LPP s razlučivanjem od 10 ns i u optičkom dijelu spektra. Ideja je primijeniti CRDS na laserski proizvedene sudarne plazme (LPSP). LPSP nastaje tako da se laserski snop za ablaciju rascijepa na dva istovjetna snopa koji upadaju na površinu mete i međusobno su udaljeni 1-10 mm. Tako nastanu dvije međusobno ukrštene LPP. U području njihova međusobnog sudara, ovisno o parametrima ablacije i gustoće ablacijskog oblaka, dolazi do interpenetracije jedne plazme u drugu s zanemarivim međudjelovanjem ili do formiranja tzv. stagnacijskog sloja koji je karakteriziran visokim stupnjem sudarnog međudjelovanja ablacijskih oblaka. Parametar koji određuje stupanj interpenetracije, odnosno stagnacije naziva se 'sudarni parametar' i on ovisi o temperaturi, gustoći i stupnju ionizacije plazme. U ovome projektu istraživat će se LPSP raznih mete od šireg znanstvenog interesa kao što su Ti, Sn, In, Fe, itd. Rad podrazumijeva određivanje i optimizaciju sudarnog parametra, te praćenje prostorno(2D)-vremenskog odvijanja LPSP; određivanja sastava, brzina i gustoća pojedinih konstituenata LPSP (ioni, atomi, molekule – posebno u stagnacijskom sloju). CRDS mjerenja bit će potpomognuta i kompatibilnim emisijskim mjerenjima u širokom spektralnom području, kao i analizom deponiranih filmova. Primjene LPSP i posebno stagnacijskog sloja usmjerene su prema razvoju izvora svjetlosti za fotolitografiju nove generacije i pripadne metrologije (LPP kao izvor ekstremno ultraljubičastog zračenja i X-zraka), razvoju medija pogodnog za dobivanje visokih harmonika pomoću snažnih TW fs lasera (koherentni izvori X-zraka u as području – ultrabrzi laseri X-zraka), pulsne laserske depozicije tankih filmova, laboratorijskih eksperimenata i modeliranja astrofizikalnih procesa, izvora X-zraka za pogonjenje fuzije gorivih ćelija, izvora iona u akceleratorima za potrebe znanstvenih, medicinskih i industrijskih istraživanja, u laserski induciranoj 'breakdown' spektroskopiji, itd. Nakon diplomskog rada moguće je 4-godišnje sudjelovanje kandidata na EXTATIC projektu (u sklopu Erasmus Mundus Doctoral Programme) i izrada doktorata u jednoj od europskih zemalja članica projekta (više na <http://www.extatic.eu>).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešimir Kumerički

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Tamna tvar u svemiru

**Sadržaj teme:**

Otkrivanje postojanja tamne tvari kozmološkim i astronomskim promatranjima, te pokušaji njene izravne detekcije zasnovani su na cijelom nizu vrlo raznolikih fizikalnih koncepata i metoda, od elementarne Newtonove mehanike do složenih ideja teorije polja i termodinamike. U radu bi se istražili i izložili prvenstveno oni aspekti fizike tamne tvari koji su šire pristupačni.

**Smjerovi:** prof. fizike

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešimir Kumerički

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Računalna vizualizacija strukture protona

**Sadržaj teme:**

Partonske distribucije su funkcije koje opisuju kvarkovsko-gluonsku strukturu protona. To su veličine koje se u praksi određuju prilagodbom na podatke dobivene iz eksperimenata poput raspršenja elektrona na protonu. U radu bi se napravilo sučelje za postojeću LHAPDF softversku biblioteku koja korisniku omogućuje pristup obliku tih funkcija u raznim kinematičkim režimima. Takvo bi sučelje omogućilo vizualizaciju partonskih distribucija i njihovih neodređenosti.

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešimir Kumerički

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Objektno-orijentirano sučelje za baze astronomskih objekata

**Sadržaj teme:**

Sloanov digitalni pregled neba (Sloan Digital Sky Survey - SDSS) je osim izvanredne znanstvene vrijednosti specifičan i po otvorenom pristupu svim izmjerenim podacima za milijune zvijezda i galaktika putem javno dostupnog servera [skyserver.sdss.org](http://skyserver.sdss.org). U diplomskom radu bi se izradilo sučelje za pristup tim podacima unutar objektno-orijentirane paradigme programiranja. Kroz takvo sučelje bi se onda mogla provesti neka od klasičnih astro- ili kozmoloških analiza (npr. Izrada Hubbleovog dijagrama) te kreirati odgovarajuća laboratorijska vježba za učenike i studente.

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Ivan Kupčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Hallov efekt, pseudoprocjep i spinske fluktuacije u 2D/kvazi-1D Hubbardovom modelu

**Sadržaj teme:**

Uvriježeno je mišljenje da se koncentracija vodljivih elektrona može odrediti mjerenjem Hallove konstante. Ono se temelji na činjenici da u dovoljno jednostavnim metalima transportne koeficijente možemo zaista opisati koristeći Drudeov model vodljivosti. U ispravnoj formulaciji problema transportni koeficijenti su povezani s odgovarajućom efektivnom gustoćom stanja elektrona na Fermijevom nivou. Ta veza čini mjerenje Hallove konstante jednom od najvažnijih metoda za istraživanje pseudoprocjepa u elektronskoj gustoći stanja. Poddopirani supravodljivi kuprati su tipični sustavi u kojima možemo iz temperaturne ovisnosti Hallove konstante procijeniti parametre koji opisuju antiferomagnetski (AFM) pseudoprocjep, tj. redukciju elektronske gustoće stanja kao posljedicu raspršenja vodljivih elektrona na AFM fluktuacijama. U ovom radu će se upotrijebiti aproksimacija čvrste veze za opis vodljivih elektrona u 2D vodičima te aproksimacija srednjeg polja da se opišu efekti raspršenja elektrona na AFM fluktuacijama. Nakon toga će se izvesti izraz za Hallovu konstantu koristeći Boltzmannove transportne jednadžbe te će se rezultati usporediti s mjerenjima temperaturne ovisnosti Hallove konstante u poddopiranim supravodljivim kupratima. Na kraju će se pokazati veza između Boltzmannovih jednadžbi i općenitijih Landau-Silinovih transportnih jednadžbi. Druga tema obuhvaća istraživanje istog pitanja u kvazi-1D sustavima s valovima gustoće spina. Glavno pitanje ovdje je na koji način se modificiraju rješenja Boltzmannovih jednadžbi u slučaju kada Fermijeva ploha prestaje biti zatvorena.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivan Kupčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mikrovalna svojstva BCS supravodiča

**Sadržaj teme:**

Elektrodinamička svojstva supravodljivih materijala u mikrovalnom području frekvencija se obično opisuju pomoću modela dva fluida s tri temperaturno ovisna parametra. Mjerenja na visokotemperaturnim supravodičima su pokazala da taj minimalni model nije dovoljan da bi se opisala, barem kvalitativno, sva eksperimentalna opažanja. S druge strane, u ovakvom fenomenološkom modelu ne postoji mogućnost neposredne usporedbe parametara modela s rezultatima mnogih drugih eksperimentalnih proba. Obje ove poteškoće mogu se savladati korištenjem mikroskopskog modela vodljivosti u normalnom metalnom stanju, u kombinaciji s BCS modelom supravodljivosti. U ovom radu će se reizvesti poznati rezultat za jednočestičnu vodljivost u sustavima s valovima gustoće naboja (VGN) te iskoristiti korespondencija između jednadžbi gibanja za Greenove funkcije u VGN i BCS uređenim stanjima. Na taj način će se odrediti ukupna jednočestična vodljivost u uređenom supravodljivom stanju. Kolektivni doprinos vodljivosti će se procijeniti u režimu idealne normalne vodljivosti pomoću transverzalnog pravila suma. Ukupni izraz za realni i imaginarni dio vodljivosti će se usporediti s eksperimentalnim rezultatima. Ovo pitanje će se obraditi unutar dvije teme: (1) približno četvrtopunjena vodljiva vrpca u kvazi-2D sustavu, što odgovara supravodljivim pniktidima, i (2) približno polupopunjena vrpca s Hubbardovom interakcijom - situacija u supravodljivim kupratima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Mihael Makek

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Koincidentno opažanje Comptonovog raspršenja

**Sadržaj teme:**

Tema obuhvaća sljedeće: - Comptonovo raspršenje - scintilacijski detektori: princip rada, kalibracija, mjerenje energije - koincidentno opažanje komptonski raspršenog fotona i odbijenog elektrona pomoću scintilacijskih detektora i sustava za digitalnu obradu signala.

OPIS: Cilj je rada proučiti Comptonovo raspršenje u eksperimentalnom postavu u kojem se istovremeno opaža raspršeni foton i odbijeni elektron. U tu svrhu student će sudjelovati u postavljanju i usavršavanju ovog demonstracijskog eksperimenta: postavljanju izvora i detektora, kalibraciji, te prikupljanju i analizi podataka. Eksperimentalni postav sastojat će se od izvora fotona, aktivnog raspršivača, te detektora raspršenih fotona. Kao aktivni raspršivač koristit će se scintilacijski detektor, koji će ujedno i mjeriti energiju odbijenog elektrona, a za opažanje raspršenog fotona koristit će se drugi scintilacijski detektor.

U sklopu rada student će se upoznati sa zakonitostima Comptonovog raspršenja, te temeljnim principima mjerenja u fizici visokih energija.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Mihael Makek

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Digitalno procesuiranje signala u fizici visokih energija

**Sadržaj teme:**

Tema obuhvaća sljedeće: - upoznavanje principa rada scintilacijskih i poluvodičkih detektora - rad sa digitalizatorima impulsa - razvoj i usavršavanje algoritama za vremensko okidanje - razvoj i usavršavanje algoritama za rekonstrukciju energija - prilagodba algoritama za različite tipove detektora

OPIS: U sklopu diplomskog rada detaljno bi se upoznali principi rada scintilacijskih i poluvodičkih detektora, digitalizatora impulsa i standardne elektronike u eksperimentalnoj fizici visokih energija. Rad bi se u izvodio s opremom dostupnom na Fizičkom odsjeku, to su: scintilacijski detektori (plastični, LSO, BaF2, NaI, CsI), poluvodički detektori (Si, Ge), digitalizator impulsa (flash ADC), te osobno računalo.

Cilj rada je razvoj algoritama za digitalno procesuiranje signala. Algoritme treba temeljiti na onima koji su već u uporabi u postavljenim demonstracijskim eksperimentima ili literaturi, među njima izabrati najpogodnije i usavršiti ih za pojedine tipove detektora. Osim toga cilj je razvijati algoritme koji će omogućiti zadržavanje kvalitete mjerenja pri visokim učestalostima događaja. Očekuje se da će rezultati rada omogućiti poboljšanje energijske i vremenske razlučivosti i općenito kvalitete mjerenje u već postavljenim i budućim eksperimentima.

Opseg i sadržaj diplomskog rada moguće je prilagoditi studentima svih smjerova. Za izradu diplomskog rada u okviru ove teme preporuča se (iako nije obvezno): poznavanje osnova programiranja u C++ i poznavanje engleskog jezika.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Mihael Makek

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Identifikacija elektrona u PHENIX eksperimentu

**Sadržaj teme:**

Tema obuhvaća sljedeće: - upoznavanje sa PHENIX eksperimentom na RHIC-u - razvoj i usavršavanje metoda za identifikaciju elektrona u PHENIX-u - uporaba neuronskih mreža za poboljšanje efikasnosti elektronske identifikacije

OPIS: Student će se upoznati s radom PHENIX eksperimenta na relativističkom sudarivaču teških iona (RHIC). Potrebno je proučiti interakciju visoko-energijskog zračenja (elektrona, fotona, hadrona) sa materijom, te razumjeti metode kojima se te čestice opažaju u PHENIX detektoru.

Cilj je rada odabrati optimalni set varijabli i uvjeta za identifikaciju elektrona u mjerenjima Au+Au sudara na energijama 200 GeV po nukleonu. Uz to, cilj je ispitati mogućnosti uporabe neuronskih mreža za poboljšanje efikasnosti elektronske identifikacije. Rezultati bi se odmah primjenili u analizi podataka koja je u tijeku.

Za izradu diplomskog rada u okviru ove teme, preporuča se poznavanje osnova programiranja u C++, te poznavanje engleskog jezika.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Stjepan Meljanac

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Feynmanova formulacija kvantne mehanike pomocu integrala po putevima

**Sadržaj teme:**

R. Feynman je još kao doktorski student 1948. godine iznio svoju formulaciju kvantne mehanike u vidu tzv. integrala po putevima (path integrals). Formulacija kvantne mehanike pomocu integrala po putevima je opis kvantne teorije koja generalizira klasični princip djelovanja u kojem se zamjenjuje jedinstvena klasična trajektorija sistema sa sumom, tj. funkcionalnim integralom, preko beskonacno mnogo trajektorija pomocu kojih se onda izracunava kvantna amplituda. Jedna od glavnih prednosti ove formulacije naspram uobicajene kanonske kvantizaciji jest što u njoj nema operatora niti Hilbertovog prostora, te su u njoj prostor i vrijeme potpuno ravnopravni što omugucava vrlo lagan prijelaz na relativistički opis. Ideja je da student savlada nerelativističku kvantnu mehaniku u okviru integrala po putevima kroz dobro poznate primjere koje je upoznao kroz dodiplomski studij. Ovisno o ambicijama studenta moguće je prosiriti temu u smjeru relativističke teorije polja, bazdarnih teorija ili statističke fizike.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Stjepan Meljanac

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Klasična i kvantna mehanika nerelativističkog Snyderovog modela

**Sadržaj teme:**

Snyderov model je primjer nekomutativnog prostora sa minimalnom duljinom. Invarijantan je na Lorentzove transformacije i kao takav se može shvatiti kao realizacija postulata „doubly“ specijalne teorije relativnosti. Ideja je proučiti nerelativističke posljedice ovog modela, kako klasične tako i kvantne. Posebice bi bio naglasak na primjeru slobodne čestice i harmoničkog oscilatora.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Slobodan Milošević

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Spektroskopija dvoatomskih molekula u niskotlačnoj radio-frekventnoj induktivno vezanoj hladnoj plazmi

**Sadržaj teme:**

Tematika diplomskog rada vezana je uz spektroskopsku karakterizaciju RF induktivno vezane plazme pomoću opažanja emisijskih spektara dvoatomskih molekula. Usporedba s kvantno-mehaničkim simulacijama omogućit će određivanje rotacijsko-vibracijskih temperatura u ovisnosti o raznim uvjetima primjene plazme. Rad obuhvaća, pored upoznavanja i pregleda odgovarajuće literature o hladnoj plazmi i spektrima dvoatomskih molekula, upoznavanje i korištenje, vakumskih uređaja, optičkih uređaja za analizu i detekciju svjetlosti (minijaturnih spektrometara s optičkim vlaknom, standardni spektrometri sa CCD detektorom), elektroničkih uređaja za vremensko i prostorno praćenje i obradu signala, kompjutersku obradu i analizu podataka (LabView) i kvantno-mehaničke spektralne simulacije dvoatomskih molekula. Težište će biti na O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, OH, CO molekulama koje se redovito pojavljuju u nizu primjena kisikove hladne plazme. Novost u odnosu na dosadašnji rad na toj tematici u našoj grupi, je upotreba modificiranog spektrometra visokog razlučivanja (0.02 nm) opremljenog CCD detektorom. Očekujemo znatno unapređenje u neposrednoj kontroli neravnotežne plazme tijekom različitih procesa i mogućnost praćenja novih efekata.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Slobodan Milošević

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Efekti plazmene igle u režimu različitih tlakova i vrste plinova

**Sadržaj teme:**

Tematika diplomskog rada vezana je uz atmosferske plazme bazirane na jednoj elektrodi. Cilj je istražiti kako dolazi do formiranja plazmene igle. U tu svrhu promatrat će se nastajanje snopa plazme u ovisnosti o tlaku i vrsti plina uz električku i spektroskopsku karakterizaciju izvora. Ispitat će se i mogućnost stvaranja plazmene igle potpomognute laserski proizvedenom plazmom. Rad obuhvaća, pored upoznavanja i pregleda odgovarajuće literature, upoznavanje i korištenje, vakumskih uređaja, pulsni ns Nd-YAG lasera i ekscimerskog lasera s laserom na organske boje, optičkih uređaja za analizu i detekciju svjetlosti (minijaturnih spektrometara s optičkim vlaknom, standardni spektrometri sa CCD detektorom), metode cavity ringdown spektroskopije, elektroničkih uređaja za vremensko i prostorno praćenje i obradu signala, kompjutersku obradu i analizu podataka (LabView) modeliranje fizikalnih procesa u eksperimentu, itd. Efekti se očekuju na razini promjene dinamike širenja mlaza plazme i na preraspodjeli naseljenosti atoma u određenim elektronskim stanjima za što će se koristiti optička emisijske spektroskopija.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Istraživanje vibracijske dinamike glikolne i mliječne kiseline u ovisnosti o temperaturi

**Sadržaj teme:**

Glikolna i mliječna kiselina pripadaju u glavne komponente od kojih se izrađuju biorazgradivi materijali koji se primjenjuju u medicini, ali i u prehrambenoj industriji. Infracrvena i Ramanova spektroskopija su prikladne metode za praćenje promjena pri hidrataciji, polimerizaciji i uređenju u molekulskim kondenziranim sustavima, a Laboratorij za molekulska fiziku u Zavodu za fiziku materijala Instituta Ruđer Bošković ima dugu tradiciju u korištenju i primjeni istih.

Za temu diplomskog rada predlaže se izučavanje temperaturnih promjena u kristalima i gelovima mliječne i glikolne kiseline Ramanovom spektroskopijom. Koristili bi se komercijalni kemijski čisti uzorci za snimanje i analizu Ramanovih spektara na sobnoj temperaturi, te sve do 10 K uz primjenu kriostata.

Diplomandica/diplomand bi rezultate objavio u znanstvenoj publikaciji. Voditeljica diplomskog rada bila bi dr. Vlasta Mohaček Grošev, viša znanstvena suradnica IRB.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Tamara Nikšić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Monopolna pobuđenja deformiranih superfluidnih atomskih jezgri

**Sadržaj teme:**

Kvazičestična aproksimacija slučajnih faza predstavlja jedan od najčešće korištenih modela za opis kolektivnih pobuđenja u atomskim jezgrama. Veličina kvazičestičnog prostora dosad je ograničavala račune u deformiranim teškim jezgrama. Nedavno predložena metoda konačnih amplituda (FAM-finite amplitude method) omogućava takve račune uz mnogo manje zahtjeve za računalnim resursima. Metoda je dosad korištena u shematskim shematskim modelima i nerelativističkim modelima srednjeg polja, a upravo je dovršena implementacija u relativističkim modelima srednjeg polja, ali bez sparivanja. U okviru predložene teme planiramo proširiti model na način da uključimo sparivanje i time stvorimo alat za opis kolektivnih pobuđenja u svim aksijalno-simetričnim jezgrama. Moguća primjena modela je mikroskopski opis cijepanja monopolne rezonancije u deformiranim jezgrama, posebno u području izotopa neodimija.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Dalibor Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Upotreba video zapisa u demonstraciji pokusa u mehanici

**Sadržaj teme:**

Kroz ovaj diplomski rad istaknut će se uloga pokusa u nastavi fizike. Naglasak rada će biti na upotrebi video zapisa pokusa u nastavi mehanike. U nastavi fizike demonstracijski pokus ima važnu ulogu jer se njime stječe fizičko iskustvo i zorna predodžba o fenomenu koji se razmatra, zbog čega ima ulogu u razvijanju koncepata, testiranju hipoteza i uočavanju zakonitosti. Stoga ovaj diplomski rad mora istaknuti ulogu pokusa u nastavi, te ulogu fizikalne zbirke, kako na Fizičkom odsjeku, tako i na svakom fakultetu i školi gdje se izvodi nastava fizike.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Dalibor Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Demonstracijski pokusi u fizici: Rezonancija u električnim krugovima

**Sadržaj teme:**

Kroz ovaj diplomski rad istaknut će se uloga pokusa u nastavi fizike. Obradit će se demonstracijski pokusi vezani uz temu rezonancija u električnim krugovima i napraviti će se multimedijalna prezentacija pokusa uz detaljno razmatranje fizikalnih aspekata njihove upotrebe u nastavi. U nastavi fizike demonstracijski pokus ima važnu ulogu jer se njime stječe fizičko iskustvo i zorna predodžba o fenomenu koji se razmatra, zbog čega ima ulogu u razvijanju koncepata, testiranju hipoteza i uočavanju zakonitosti. Stoga ovaj diplomski rad mora istaknuti ulogu pokusa u nastavi, te ulogu fizikalne zbirke, kako na Fizičkom odsjeku, tako i na svakom fakultetu i školi gdje se izvodi nastava fizike.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Dalibor Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Izotopna analiza i njena uloga u fizici okoliša

**Sadržaj teme:**

Izotopna analiza (posebice analiza stabilnih izotopa elemenata H, C i O) jedna je od ključnih analitičkih tehnika u fizici okoliša. Ona omogućuje razumijevanje aktualnih procesa u okolišu ali i dobivanje informacija o klimatskim parametrima u prošlosti. U okviru rada student bi se upoznao s mogućnostima primjene izotopne analize u interpretaciji paleoklimatskih događanja s naglaskom na istraživanja u kršu, odnosno u špiljama. U okviru rada razradila bi se koncepcija nastavnog sata kojim bi se učenike upoznalo s ovom danas vrlo aktualnom znanstvenom tematikom.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Dalibor Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fraktalna analiza u kršu

**Sadržaj teme:**

Fraktalna analiza omogućava analizu uzoraka na temelju njihove makroskopske strukture. Interes primjene te tehnike u fizici okoliša, odnosno u geoznanostima je pridruživanje fizikalnih parametara prirodnim pojavama kvantificiranjem skalno invarijantnih distribucija, čime bi se omogućilo njihovo bolje razumijevanje i praćenje njihovih promjena. U okviru rada student bi razvio računalni program za proračun fraktalne dimenzije i primijenio ga na odabrane specifične prirodne pojave u hrvatskom kršu koje evidentno imaju fraktalna svojstva. Kako ova tema nije dovoljno obrađena u okviru srednjoškolske nastave, student će razraditi koncepciju nastavnog sata kojom bi se učenika kroz odabrane primjere upoznalo s ovom tematikom.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Dalibor Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Demonstracijski pokusi zbirke Fizičkog odsjeka

**Sadržaj teme:**

Zbirka uređaja i demonstracijskih pokusa na Fizičkom odsjeku PMF-a danas sadrži više tisuća uređaja i knjiga, od kojih su mnogi neprocjenjive vrijednosti. Kroz ovaj diplomski rad istaknut će se uloga pokusa u nastavi fizike. Obradit će se demonstracijski pokusi vezani uz odabranu temu iz opće fizike i napraviti će se multimedijalna prezentacija pokusa uz detaljno razmatranje fizikalnih aspekata njihove upotrebe u nastavi. U nastavi fizike demonstracijski pokus ima važnu ulogu jer se njime stječe fizičko iskustvo i zorna predodžba o fenomenu koji se razmatra, zbog čega ima ulogu u razvijanju koncepata, testiranju hipoteza i uočavanju zakonitosti. Stoga ovaj diplomski rad mora istaknuti ulogu pokusa u nastavi, te ulogu fizikalne zbirke, kako na Fizičkom odsjeku, tako i na svakom fakultetu i školi gdje se izvodi nastava fizike.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Nils Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje tokova neutrina sa supernove i neutrinskih svojstava na temelju neutrino-jezgra reakcija

**Sadržaj teme:**

U okviru ove teme biti će istraženi inkluzivni udarni presjeci neelastičnih neutrino-jezgra raspršenja na energijama do  $\approx 150$  MeV koristeći model zasnovan na nuklearnom energijskom funkcionalu gustoće. Osnovno stanje jezgre-mete će biti opisano pomoću relativističkog Hartree-Bogoliubova modela, Hamiltonijan slabe interakcije između upadnog neutrina i hadrona će biti opisan u strujastruja obliku, dok će prijelazi u pobuđena stanja jezgre biti izračunati pomoću relativističke kvazičestične aproksimacije slučajnih faza. Planirano je istraživanje dolaznih tokova neutrina sa supernove tipa 2 uključujući pripadne efekte gustog neutrinskog plina u području neutrinofsfe, pozadine velike gustoće i dekoherencije valnih paketa prilikom širenja kroz svemir i pripadnih udarnih presjeka. Bit će istražen odziv savršenog detektora na upadne tokove neutrina i antineutrina sa supernove, zasnovan na različitim materijalima (parafinska ulja, željezo, olovo), kao i tipovi masene hijerarhije koji se mogu zaključiti temeljem izmjerenog broja događaja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Nils Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Nuklearne reakcije u evoluciji supernove

**Sadržaj teme:**

U okviru ove teme će biti istražen niz astrofizički značajnih nuklearnih reakcija koje određuju evoluciju supernove i produkciju kemijskih elemenata u eksploziji supernove. Fokus istraživanja će biti posebice na uhvatima neutrona i elektrona na jezgrama. Teorijski pristup će biti zasnovan na energijskom funkcionalu gustoće i Hamiltonijanu slabe interakcije, a istraživanja će uključivati modeliranje uhvata elektrona na karakterističnim gustoćama i temperaturama u fazi koja prethodi završnom kolapsu i eksploziji supernove. Osim toga, bit će istražena dipolna pobuđenja koja doprinose ( $n, \gamma$ ) reakcijama, sa posebnim fokusom na ulogu niskoležećih pobuđenja na dinamiku izvođenja reakcije, a vodeći računa da su ta pobuđenja često bila zanemarivana u modelima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Nils Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Radioaktivni raspadi u nuklearnoj medicini

**Sadržaj teme:**

U okviru ove teme će biti obradjena problematika radioaktivnih raspada koji nalaze svoju primjenu u nuklearnoj medicini. To uključuje pregled osnova atomske i nuklearne fizike, modova radioaktivnog raspada, karakterizaciju raspada, detektore zračenja, proizvodnju radionuklida i prolaz nabijenih čestica i fotona kroz materiju. Dodatno će biti obrađena problematika oslikavanja u medicini koja uključuje primjenu radionuklida.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Nils Paar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Primjena metoda paralelnog racunarstva u modeliranju fizikalnih sustava

**Sadržaj teme:**

Ova tema uključuje primjenu metoda paralelnog racunarstva u modeliranju fizikalnih sustava, i primjenu u okruženju klaster i grid sustava za znacajnim brojem procesorskih jedinica. Predviđen je opis nekoliko fizikalnih sustava klasicne fizike. Komunikacija izmedju razlicitih jedinica klaster racunala bit ce provedena putem protokola "Message Passing Interface" (MPI), koji predstavlja standard za komunikaciju izmedju procesa koji se odvijaju izvodjenjem paralelnog programa na sustavima sa distribuiranom memorijom. Razvoj novih metoda i njihova primjena biti ce provedeni na klaster racunalu instaliranom na Fizickom odsjeku, kao i u okviru nacionalne grid infrastrukture (CRO-NGI).

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje magnetizacije spinela i sličnih spojeva pod utjecajem magnetskog i električnog polja

**Sadržaj teme:**

Magnetski spineli pokazuju bogatstvo magnetskih uređenja, a zadnjih godina u njima se otkriva i multiferoičnost, to jest pored magnetskog uređenja pojavljuje se i polarno električno uređenje. Student će u laboratoriju Fizičkog odsjeka provesti mjerenja magnetizacije odabranih spinela (neki od  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CaCr}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrCr}_2\text{O}_4$ , ...) pomoću squid-magnetometra ( $2\text{K} < T < 300\text{K}$ ,  $-5\text{T} < B < 5\text{T}$ ), uključujući temperaturnu ovisnost magnetizacije i petlje magnetske histereze. Pomoću dobivenih rezultata opisat će se fazni prijelaz i pokušati rekonstruirati vrstu magnetskog uređenja. Osim toga, istražiti će se utjecaj električnog polja na magnetski odziv te provjeriti da li je materijal multiferoičan i pokazuje magnetoelektrično vezanje.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kinematičko istraživanje sile među magnetima

**Sadržaj teme:**

Često se sile u prirodi ne mogu neposredno mjeriti, već se računaju iz drugih mjerenih veličina. Tako ćemo se ponašati i ovdje, te u diplomskom radu iz eksperimentalno dobivenog kinematičkog opisa gibanja magneta odrediti silu koja na njega djeluje. Cilj je odrediti ovisnost sile među dvama magnetima o njihovoj udaljenosti. U tu svrhu student će konstruirati indukcijski detektor položaja i osciloskopom/računalom mjeriti vremena prolaska kroz određene točke te iz tih mjerenja računati silu među magnetima koristeći osnovne zakone gibanja. Usput će se upoznati i s teorijskim računom sile među magnetima, te ga usporediti sa svojim rezultatom. Osim toga, silu će odrediti i iz mjerenja koja počivaju na zakonu očuvanja energije. Prilikom dizajna eksperimenta, gradnje aparature, mjerenja, analize, računa, rasprave, student će steći praksu primjenjivu za mnoge druge eksperimentalne situacije u školi.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetsko ponašanje nanočestica ferita ili borida prijelaznih metala

**Sadržaj teme:**

Magnetske nanočestice pokazuju ponašanje drugačije od onoga u masivnom komadu materijala istog sastava. Ukoliko je toplinska energija veća od energije bedema anizotropije, superparamagnetski moment cijele čestice fluktuirá vrlo brzo na vremenskoj skali opažanja, dok za temperature ispod temperature ukočivanja moment ostaje ukočen s jedne strane bedema što rezultira magnetskom ireverzibilnošću. Student će u laboratoriju Fizičkog odsjeka provesti mjerenja magnetizacije pomoću squid-magnetometra ( $2K < T < 300K$ ,  $-5T < B < 5T$ ), uključujući temperaturnu ovisnost magnetizacije, petlje magnetske histereze te relaksaciju magnetizacije. Iz parametara dobivenih analizom mjerenja procijenit će se veličina magnetskih jezgara unutar nemagnetskog oklopa, gustoća energije anizotropije, i druga svojstva, te ih skupa s ostalim detaljima povezati sa strukturom na nanometarskoj skali.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetsko uređenje u metalo-organskoj mreži

**Sadržaj teme:**

Metalo-organski kompleksni spojevi pružaju velike mogućnosti ugađanja različitih svojstava, te predstavljaju sve veći izazov u dizajniranju novih multifunkcionalnih materijala. Metalo-organske mreže su posebno zanimljive sa stanovišta magnetizma jer odabirom magnetskih iona i organskih liganada koji ih međusobno povezuju međudjelovanjem superizmjene moguće je ostvariti i dugodosežno magnetsko uređenje. U sklopu diplomskog rada detaljnije će se istražiti magnetski fazni prijelaz u kiralnoj trodimenzionalnoj mreži manganovih iona premoštenih oksalatnom skupinom. U laboratoriju Fizičkog odsjeka provest će se mjerenja magnetizacije pomoću squid-magnetometra ( $2K < T < 300K$ ,  $-5T < B < 5T$ ) i izmjenične magnetske susceptibilnosti pomoću ac-susceptometra ( $2K < T < 300K$ ,  $1Hz < f < 1kHz$ ). Pomoću dobivenih rezultata opisat će se fazni prijelaz i pokušati rekonstruirati vrstu magnetskog uređenja. Takvo istraživanje važno je radi detaljnijeg povezivanja strukturnih i magnetskih značajki ovog novog materijala i pripadne mu skupine unutar širokog pojma metalo-organskih mreža.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Multiferoici

**Sadržaj teme:**

Multiferoični sustavi pokazuju barem dvije vrste dugodosežnog uređenja. Posebno su zanimljivi multiferoici u kojima se javljaju magnetsko uređenje i električno uređenje, te vezanje između ta dva uređenja. Motivi su porasta istraživanja takvih materijala temeljniji opis i temeljitije shvaćanje mehanizma vezanja te potraga za multiferoikom što veće polarizacije i magnetizacije. Student će uvesti temu multiferoičnosti, proučiti literaturu i predstaviti trenutna dostignuća na području magneto-električnog vezanja, klasificirati sustave u kojima se javlja multiferoičnost, te prikazati neke mogućnosti primjene ovih novih naprednih višefunkcionalnih materijala.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Nenad Pavin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kolektivno ponašanje molekularnim motora

**Sadržaj teme:**

Na početku mejoze u kvascu *Schizosaccharomyces pombe*, dvije stanice suprotnog spola povežu se jednim svojim krajem formirajući zajedničku stanicu (ziogtu). Nakon toga se dvije jezgre stope u jednu jezgru koja se počne oscilatorno kretati s jednog kraja stanice na drugi. Te su oscilacije nužne za sparivanje kromosoma, rekombinaciju DNA te održivost spora. Bilo je poznato je da su komponente odgovorne za te oscilacije molekularni motori dineini te mikrotubuli. U izradi svog diplomskog rada student bi trebao odgovoriti na pitanje koji je fizikalni mehanizam odgovoran za generiranje sila dovoljnih za pokretanje velikih objekta unutar stanice.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** doc. dr. sc. Nenad Pavin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mikrotubuli pivotirajući oko pola diobenog vretena hvataju kinetohore

**Sadržaj teme:**

Da bi u stanici majci došlo do podjele genetskog materijala koji ide u dvije stanice kćeri, kromosomi se vezuju za mikrotubule, koji ih potom razdvajaju. Veza između mikrotubula i kromosoma su kinetohore, proteinski kompleksi na kromosomu. Ključno je pitanje kako mikrotubuli pronalaze kinetohore. Ekperimenti pokazuju da mikrotubuli, rotirajući se oko pola diobenog vretena, hvataju kinetohore. U izradi svog diplomskog rada student bi trebao odgovoriti na pitanje je li kutno gibanje mikrotubula dovoljno brzo da opiše opaženi uhvat kinetohore.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** doc. dr. sc. Nenad Pavin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mehanika pozicioniranja centrosoma

**Sadržaj teme:**

Važan dio staničnog skeleta čine mikrotubuli. Ovi dugi čvrsti polimeri rastu iz centrosoma, organele koja se za vrijeme interfaze nalazi u blizini jezgre. S obzirom na to da se mikrotubulima odvija transport organela, RNA i proteina unutar stanice, precizna prostorna raspodjela mikrotubula ključna je za unutrašnju organizaciju stanice te je stoga ispravan položaj centrosoma od životne važnosti za stanicu. U izradi svog diplomskog rada student bi trebao izračunati ukupnu silu kojom mikrotubuli djeluju na centrosom, odnosno odgovoriti na pitanje kako centrosom mjeri vlastitu udaljenost od ruba stanice te na koji se način smješta na željeno mjesto.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešimir Pavlovski

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Empirijska veza mase i luminoziteta zvijezda u galaktičkom skupu Hijade

**Sadržaj teme:**

Otvoreni skup zvijezda Hijade, na udaljenosti od ~50 pc, najbliži nam je takav skup u Galaksiji. Zbog toga ima višestruku važnost, od istraživanja strukture i ravoja zvijezda, do kalibracije kozmičke ljestvice udaljenosti. U Hijadama je veći broj dvojnih sustava zvijezda. U diplomskom radu analizirat će se spektroskopska i interferometrijska mjerenja dvojnog sustava  $\theta$ 2 Tau i u kontekstu ostalih dvojnih sustava odrediti empirijska relacija masa-luminozitet.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešimir Pavlovski

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Optimalna ekstrakcija echelle spektara

**Sadržaj teme:**

Potreba za velikom spektralnom rezolucijom u astrofizičkim istraživanjima dovela je do razvoja echelle spektrografa. Posebnom optičkom konstrukcijom pojedini se spektralni redovi izrežu i zapišu na detektoru jedan iznad drugog. Tako je zapisani spektar ustvari 2D slika. Ponovna transformacija u 1D zapis je složena, a jedan od najkritičnijih koraka u postupku optimalne ekstrakcije je korekcija za blaze funkciju spektrografa te spajanje pojedinih spektralnih redova u cjelinu. U diplomskom radu postupak će se napraviti u interaktivnom modu u programskom jeziku Python.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Robert Pezer

**Institucija:** SIM

**Naslov teme:** Simulacija molekularne dinamike

**Sadržaj teme:**

Analiza tvari kao ansambla čestica u tekućem, čvrstom ili plinovitom stanju klasičnim simulatorom molekularne dinamike. Proučavanje modela može ići prema atomskim, polimernim, zrnatim ili metalnim sistemima (mogući su i drugi ukoliko postoji specifičan interes). Proučavali bi se utjecaji rubnih uvjeta i različitih tipova polja međudjelovanja. Potrebno je elementarno znanje programiranja u C/C++ na odabranoj platformi. Rad je moguće usmjeriti istraživački i edukacijski ovisno o profilu kandidata. U nastavničkom području bi se izrađivale vježbe koje imaju za cilj učenje uz istraživanje.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Robert Pezer

**Institucija:** SIM

**Naslov teme:** Termodinamika u konačnim sustavima

**Sadržaj teme:**

U predloženom radu bi se razmatrala veza termodinamike i statistička fizika analizom mikrokanskog ansambla. Proučavala bi se mikroskopska pozadina temperature, entropije i ostalih termodinamičkih varijabli analizom jednostavnih višečestičnih kvantnih sistema u jednoj, dvije i tri dimenzije. Potrebno je elementarno znanje programiranja u C/C++ na odabranoj platformi. Rad je moguće usmjeriti istraživački i edukacijski ovisno o profilu kandidata. U nastavničkom području bi se izrađivale vježbe koje imaju za cilj učenje uz istraživanje.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivica Picek

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Egzotične reprezentacije SM-a kao kandidati tamne tvari

**Sadržaj teme:**

Astrofizička i kozmološka evidencija tamne tvari može se objasniti postojanjem masivnih stabilnih slabointeragirajućih čestica (tzv. wimpova). Stabilnost tamne može biti ostvarena specifičnim odabirom njenih naboja. U modelu minimalne tamne tvari takva stabilnost je ostvarena smještanjem tamne tvari u više multiplete slabog izospina. Pri otkrivanju naboja tamne tvari, orijentir bi mogao biti i higgsov bozon mase 125 GeV-a otkriven na LHC-u. Njegovi raspadi na dva fotona mogu upućivati na postojanje novih nabijenih čestica u doseg LHC-a.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Ivica Picek

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mase neutrina i identifikacija egzotičnih čestica u eri LHC-a

**Sadržaj teme:**

Usprkos njegovoj uspješnosti, standardni model (SM) međudjelovanja elementarnih čestica je nužno poopćiti na fiziku izvan SM-a (BSM). U fokusu interesa su specifične čestice BSM-a koje bi mogle razriješiti postojeće probleme SM-a, poput masa neutrina, i istovremeno bi bile u dosegu izučavanjima na LHC-u. Nove čestice koje se pojavljuju u originalnim modelima neutrinških masa ulaze u više multiplete slabog izospina poput čestica kandidata tzv. minimalne tamne tvari. Izučen je primjer fermionskog kvintupleta koji je medijator njihalice i ujedno kandidat za tamnu tvar, dok s njim spregnuti skalarni kvadrupleti sadrži nabijene čestice koje utječu na procese kao što je dvofotonski raspad higgasa, mjeren na LHC-u.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Maja Planinić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Učeničke konceptualne poteškoće u hidrostatici

**Sadržaj teme:**

Rezultati edukacijskih istraživanja u fizici ukazuju na postojanje brojnih konceptualnih poteškoća učenika i studenata s temeljnim pojmovima hidrostatičke, poput hidrostatskog tlaka i uzgona. U ovom bi se diplomskom radu dao pregled tih poteškoća, provelo bi se istraživanje njihove zastupljenosti na uzorku učenika gimnazija i studenata fizike, te bi se isprobali neki nastavni pristupi koji bi mogli unaprijediti učeničko razumijevanje hidrostatičke. Kandidat bi kroz izradu diplomskog rada stekao uvid u tehnike i rezultate edukacijskih istraživanja u fizici, kao i u njihovu primjenu u edukacijskoj praksi.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirko Planinić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Impulsne korelacije hadrona u visokoenergijskim Pb Pb sudarima na LHC sudarivaču

**Sadržaj teme:**

Ovaj rad će istražiti inovativne metode analize korelacija impulsa dviju čestica na LHC energijama pomoću ALICE detektora primjenom varijable poprečne sferičnosti za minimum bias olovo-olovo sudare. Očekuje se da će primjenom ove metode biti ekstrahirano više pouzdanih informacija o prostorno vremenskoj evoluciji gustog Kvantno-kromodinamičnog sustava, novog stanja materije za koje se vjeruje da je postojalo i nedugo nakon Velikog praska.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirko Planinić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Računalna simulacija kao pomoć u razumijevanju atomskih spektara

**Sadržaj teme:**

Edukacijska istraživanja razumijevanja atomskih spektara kod studenata pokazuju da postoje značajni problemi u prepoznavanju uloge pojedinih dijelova eksperimentalnog postava u formiranju spektara i u sposobnosti povezivanja linija spektra s prijelazima između energijskih nivoa. U ovom radu izradit će se računalna simulacija pomoću koje će se nastojati unaprijediti studentsko razumijevanje atomskih spektara.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Anđelo Samsarov

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Rerezentacije Lievih algebri i primjena u fizici

**Sadržaj teme:**

Simetrije imaju presudnu ulogu u fizici, posebno u kvantnoj teoriji, gdje se stanja dane čestice mogu klasificirati prema ireducibilnim reprezentacijama dane grupe simetrija. Teorija Lievih grupa pruža prirodan matematički okvir za njihov opis i ima važnu ulogu u modernim fizikalnim teorijama.

Cilj diplomskog rada je prezentacija matematičkih osnova teorije reprezentacija Lievih grupa i algebri te njihova primjena na dani konkretan fizikalni problem, koji može ovisiti o specijalnim interesima studenta. Konkretna primjena može pokriti područja kao što je primjena simetrične grupe i tenzorskih metoda na nalaženje ireducibilnih reprezentacija dane grupe simetrija, što ima primjenu u teorijama velikog ujedinjenja (GUT), izborna pravila, Wigner-Eckartov teorem te detaljna rekonstrukcija kvarkovskog modela, gdje elementarne čestice se grupiraju u ireducibilne reprezentacije grupe SU(3). Više matematički orijentirani studenti mogu istražiti vezu grupa simetrija i specijalnih funkcija matematičke fizike, kao npr. vezu između grupe rotacija i kuglinih funkcija, te vezu između Euklidove grupe i Besselovih funkcija.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Hrvoje Skenderović

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Mikrostrukturiranje materijala pomoću lasera s ultrakratkim pulsevima

**Sadržaj teme:**

Nelinearna priroda međudjelovanja ultrakratkog laserskog pulsa s transparentnim materijalom osigurava prostorno ograničenu raspodjelu strukturne promjene koja se inducira laserskim pulsem. Ovo prostorno ograničenje, kombinirano s preciznom translacijom uzorka omogućava fabriciranje kompleksnih mikrostrukture u tri dimenzije. Pretvorba energije laserskog pulsa u strukturne promjene u materijalu je fundamentalno drugačija kod ultrakratkih pulseva (subpikosekundnih) u odnosu na promjene kod duljih pulseva. Puls završava svoje trajanje prije nego što pobuđeni elektroni stignu termalno uzbuditi ione. Zbog toga je difuzija topline izvan žarišnog volumena minimalna. Diplomski rad bi obuhvatao eksperimentalno testiranje različitih materijala u svrhu ocjenjivanja njihove pogodnosti za izradu optičkih valovoda, mikrofluidnih uređaja i sličnih struktura. Ispitao bi se i utjecaj različitih laserskih parametara na gore navedeno mikrostrukturiranje.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i tehnike

**Mentor:** doc. dr. sc. Željko Skoko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kvantitativna fazna analiza metodom rentgenske difrakcije u polikristalu

**Sadržaj teme:**

Rentgenska difrakcija u prahu je nedestruktivna tehnika za određivanje informacija o kristalnoj strukturi, kemijskom sastavu i fizičkim svojstvima materijala. Bazira se na elastičnom raspršenju rentgenskih zraka na elektronskim atomima pojedinih atoma u sustavu. Koristi se za identifikaciju nepoznatih tvari, karakterizaciju kristalografske strukture, određivanje veličine kristalita, deformacija u materijalu, preferirane orijentacije i određivanje udjela faza u višefaznim uzorcima. U radu bi, uz osnove rentgenske difrakcije u polikristalu, naglasak bio na kvantitativnoj faznoj analizi, odnosno, određivanju udjela pojedine faze u višefaznom uzorku. Bile bi prikazane i detaljno proučavane razne metode kvantitativne fazne analize (metoda unutarnjeg standarda, kalibracijska krivulja, RIR metoda, Rietveldova metoda, ...) u određenom višefaznom sustavu.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Željko Skoko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Upotreba Fourierove analize u obradi slike visoko-razlučive transmisijske elektronske mikroskopije

**Sadržaj teme:**

Među eksperimentalnim tehnikama koje postižu razlučivost na razini atoma, visoko-razlučiva transmisijska elektronska mikroskopija (high-resolution transmission electron microscopy, HRTEM) izdvaja se svojom mogućnošću istraživanja nanostrukture uzorka, a ne samo morfologije vanjske površine uzorka i stoga se opravdano svrstava među najmoćnije eksperimentalne tehnike za istraživanje materijala. „Konvencionalne“ HRTEM slike nastaju interferencijom koherentnih elektronskih valova; uzorak (tanki film materijala koji se istražuje) osvjetljava se (skoro) ravnim elektronskim valom. Uzorak propušta val, međudjelujući s njim, a rezultirajući elektronski val na izlaznoj ravnini uzorka nosi informaciju o rasporedu atoma u objektu. Ovaj val odgovara skupu „difraktiranih“ koherentnih ravnih valova. Elektronska optika zatim prenosi ove valove do ravnine slike, i raspodjela intenziteta njihovih interferencijskih slika sačinjava HRTEM sliku. Međutim, aberacije elektronske optike i instrumentalne nestabilnosti ograničavaju oštrinu detalja na slici. Nadalje, elektronska optika preraspoređuje informaciju o svakoj točki uzorka preko povećane površine slike. Ovo „točkasto razlijevanje“ zamućuje sliku i komplicira interpretaciju slike do „granice informacijske razlučivosti“, tj. do najfinijeg detalja sadržanog u slici. U ovom radu teorijski i eksperimentalno obradit će se jedna od suvremenih metoda elektronske mikroskopije, a to je primjena Fourierovog transformata za određivanje kristalne strukture (image processing). Cilj ove tehnike identičan je cilju rentgenske ili neutronske kristalografije: rješavanje kristalnih struktura tj. određivanje prostorne grupe na temelju simetrije u difrakcijskoj slici, parametara jedinične ćelije i u konačnici atomskih položaja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** doc. dr. sc. Vernesa Smolčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje Galaktičkog zračenja u Faradayevom prostoru na niskim radio frekvencijama

**Sadržaj teme:**

Istraživanja na 350 MHz otkrila su veliki broj neobičnih struktura u polariziranom Galaktičkom zračenju, koja se ne mogu detektirati u totalnom intenzitetu. Navedene strukture pripisuju se efektima Faradayeve rotacije u magnetiziranoj plazmi Galaksije. Jačina Faradayeve rotacije ovisi o svojstvima plazme te je obrnuto proporcionalna frekvenciji. Stoga su Faradayevi efekti mnogo izražajni na niskim nego na visokim radio frekvencijama. Da bi se razumjela i objasnila fundamentalna astrofizička slika Galaktičke emisije potrebna su promatranja na različitim frekvencijama, koja su vođena simulacijama. U ovom diplomskom radu koristeći simulacije Galaktičkog zračenja, istražiti će se parametarski prostor Galaktičke emisije (svojstva i karakteristike magnetskog polja, te distribucija kozmičkih i termalnih elektrona), parametarski prostor Faradayevih rotacijskih efekata (pomoću metode Faradayeve rotacijske transformacije), te mogućnost promatranja tih efekata pomoću radio teleskopa.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** doc. dr. sc. Vernesa Smolčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Jansky VLA-XXL projekt: Istraživanje superjata galaksija

**Sadržaj teme:**

XXL projekt je pankromatski pregled neba kojem je dodijeljeno najviše sati s XMM-Newton satelitom koji opaža u rentgenskom valnom području. Projekt sadrži podatke od X-ray do radio valnog područja, koji su potrebni za određivanje fizičkih svojstava galaksija, poput udaljenosti, zvjezdanih masa, frekvencije stvaranja zvijezda. U ovom diplomskom radu će se detaljno istražiti slika snimljena u radio valnom području na 10 cm s Jansky VLA interferometrom koja obuhvaća dio XXL-North polja koje sadrži superjata galaksija. Skupovi galaksija su najveće gravitacijski povezane aglomeracije galaksija u svemiru i važni su za razvoj galaksija. Koristeći XXL podatke, skup galaksija će biti detaljno analiziran iz različitih perspektiva, od X-zračenja, preko optičkog, do radio zračenja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ana Smontara

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Transportna svojstva dopiranih 122 željezo-pniktida

**Sadržaj teme:**

Pniktidi su relativno nova porodica slojastih materijala. Kod njih se mogu javiti uređenja kao što su magnetsko uređenje i val gustoće spina. Dopiranjem elektronima ili šupljinama magnetski prijelazi se potiskuju u korist supravodljivog prijelaza. Neki dopirani pniktidi imaju relativno visoku temperaturu supravodljivog prijelaza (TC oko 50 K) te se stoga ubrajaju u visokotemperaturne supravodiče. Zanimljivo je da se u supravodljivu fazu može ući i primjenom tlaka na ne dopirani materijal. Cilj rada je steći bolji uvid u elektronsku strukturu materijala kao i mehanizme transporta naboja, mjerenjem električne otpornosti i termostruje pod visokim tlakovima i u širokom temperaturnom rasponu (od 2 K do temperatura znatno viših od sobne temperature).

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike

**Mentor:** dr. sc. Ana Smontara

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Transportna svojstva međuvalentnog ikozaedarskog Au-Al-Yb kvazikristala

**Sadržaj teme:**

Od svoga otkrića 1982 g. pa do danas, kvazikristali (za čije otkriće je dodijeljena Nobelova nagrada iz kemije 2011. godine) su bili izvor nadahnuća mnogih znanstvenih istraživanja zbog jedinstvene strukture i vrlo zanimljivih svojstava, no i kontroverzi među znanstvenicima jer se do tada vjerovalo da su takve strukture u prirodi zabranjene osnovnim fizikalnim zakonitostima. U okviru predložene teme proučavat će se elektronska svojstva nedavno sintetiziranog ikozaedarskog kvazikristala Tsai tipa (K. Deguchi i et al., Nature materials 11(2012) 1013) mjerenjem transportnih koeficijenata (električne otpornosti, termostruje i Hall koeficijanta)

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Ana Smontara

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Utjecaja tlaka na elektronska svojstva interkaliranog dihalogenida  $Mn_{1/3}NbS_2$

**Sadržaj teme:**

Dihalkogenidi spadaju u slojaste materijale u kojima se kao posljedica kvazi-dvodimezionalnosti javlja čitav niz zanimljivih efekata kao što je val gustoće naboja, val gustoće spina, supravodljivost, antiferomagnetizam, feromagnetizam itd. Zbog slojevitosti strukture, dihalogenide je moguće interkalirati atomima prijelaznih metala i na taj način mijenjati njihova elektronska svojstva te time inducirati ili potisnuti gore spomenute pojave. Primjena hidrostatskog tlaka može imati vrlo sličan učinak kao i interkaliranje, te stoga predstavlja važnu metodu u istraživanju fizikalnih pojava i svojstava tih materijala (N. Barišić, et. al., Phys. Rev. B.84 (2011) 075157). U okviru rada bi se mjerila transportna svojstva (termostruja i električna otpornost) na visokim tlakovima  $Mn_{1/3}NbS_2$ , koji je posebno zanimljiv zbog magnetskog faznog prijelaza te njegovog potiskivanja uvođenjem tlaka.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Neven Soić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Građa pobuđenih stanja  $^{12}C$

**Sadržaj teme:**

Nukleosinteza elemenata i proizvodnja energije u zvijezdama određene su činjenicom da ne postoje stabilne jezgre s 5 i 8 nukleona. Ugljik, jedan od osnovnih elemenata za nastanak života i ulazna jezgra za proizvodnju svih težih elemenata, nastaje rezonantnim uhvatom tri alfa-čestice kroz Hoyle-ovo stanje jezgre  $^{12}C$  u masivnim zvijezdama. Detaljno razumijevanje građe Hoyle-ovog stanja je jedan od najvažnijih ciljeva nuklearne fizike koji još uvijek nije postignut. Razlog tome je iznimna složenost spektroskopije jezgre  $^{12}C$  kod koje se vrlo različite strukture, jednočestične iz modela ljusaka i klusterske konfiguracije, miješaju u istom području energije pobuđenja. Tema diplomskog rada je eksperimentalno istraživanje pobuđenih stanja jezgre  $^{12}C$  u reakcijama  $6Li + 9Be$  i  $6Li + 10B$ . Jezgre u ulaznim kanalima ove dvije reakcije imaju izrazitu alfa-klustersku građu pa su pogodne za pobuđivanje klusterskih stanja kakvo je Hoyle-ovo stanje. Izrada eksperimentalnog dijela rada biti će obavljena na Tandem akceleratoru Instituta Ruđer Bošković. U mjerenjima će se koristiti napredni detektorski sustav visoke pozicijske i energijske rezolucije. Podaci o stanjima jezgre  $^{12}C$  dobiveni mjerenjem događaja s tri istovremeno detektirane jezgre usporediti će se s poznatim podatcima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Neven Soić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Stanja lakih jezgara pobuđena u reakciji  $9\text{Be} + 9\text{Be}$

**Sadržaj teme:**

U sudaru dvije jezgre na energijama iznad kulonske barijere stvaraju se nove jezgre u pobuđenim stanjima koja gube energiju emisijom gama-zraka ili nukleona. Informacije o stanjima proizvedenim u reakciji važne su za razumijevanje građe jezgara. Specifičnost lakih jezgara je da već mala promjena u broju nukleona izaziva značajne razlike u građi jezgara, a u nekim lakim jezgrama miješanju se jednočestična stanja modela ljustica s izrazito klusterskim stanjima. Zbog toga mjerenja nekih pogodno izabраних nuklearnih reakcija omogućuju istraživanja širokog spektra različitih nuklearnih struktura i dobivanje važnih podataka za razumijevanje nuklearne interakcije. Tema diplomskog rada je mjerenje nuklearnih procesa između dvije jezgre  $9\text{Be}$ . Jezgra  $9\text{Be}$  ima izrazitu klustersku građu  $\alpha + \alpha + n$  i u reakcijama se može pobuditi široki spektar stanja u jezgrama od helija do kisika. Izrada eksperimentalnog dijela rada biti će obavljena na Tandem akceleratoru Instituta Ruđer Bošković. U mjerenjima će se koristiti napredni detektorski sustav visoke pozicijske i energijske rezolucije. Podaci o građi jezgara dobiveni iz izmjerenih ekscitacijskih funkcija za različite izlazne kanale reakcije usporediti će se s poznatim podacima o jezgrama.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Mario Stipčević

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Rekonstrukcija interakcija neutrina u eksperimentu OPERA

**Sadržaj teme:**

Eksperiment OPERA bavi se istraživanjem pojave neutrinjskih oscilacija. Snop mionskih neutrina iz CERN-a detektira se u podzemnom laboratoriju INFN-LNGS u Italiji, gdje se traži potpis interakcije tau neutrina. Time se izravno opažaju produkti mehanizma neutrinjskih oscilacija u kanalu mionski neutrinio  $\rightarrow$  tau neutrinio. Osnovni element detektora OPERA je tzv. ECC (Emulsion cloud chamber) koji se sastoji od naizmjenice postavljenih pločica olova i nuklearnih emulzija. Kada neutrinio interagirira u olovu, nabijeni produkti interakcije ostavljaju trag u emulzijama. Emulzije se tada vade iz ECC-a i skeniraju pomoću posebno prilagođenih mikroskopa. Time se rekonstruira svaka pojedina interakcija neutrina iz snopa. Grupa sa IRB-a bavi se razvojem softwarea za simulaciju postupaka u laboratorijima za skeniranje. Diplomand/ica će se upoznati sa cijelokupnim eksperimentom, razviti dio softwarea za simulaciju i napraviti jednostavnu usporedbu simuliranih podataka sa stvarnim podacima.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Mario Stipčević

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Testiranje i modificiranje detektora fotona u snopu protona s primjenom na kvantnu informaciju

**Sadržaj teme:**

U Zavodu za Eksperimentalnu Fiziku (ZEF) Instituta Ruđer Bošković razvijamo detektore pojedinačnih fotona (Engl. single photon counter, SPC) zasnovanih na lavinskim fotodiodama (Engl. avalanche photo diode, APD) za potrebe eksperimenata iz područja kvantne informacije. Jedan od osnovnih kriterija kvalitete SPC jest razina šuma to jest frekvencija lažnih detekcija u potpunome mraku (Engl. dark count rate, DCR). Na sobnoj temperaturi dominantan mehanizam DCR su dislokacije u kristalu silicija. Pored prirodnih nepravlnosti i termalnih efekata, dislokacije se također mogu dodatno trajno inducirati iradijacijom protonima. U ZEF-u također imamo nekoliko ubrzivača protona. Ideja ovog diplomskog rada je neobičan i nov spoj triju područja: nuklearne fizike, čvrstog stanja i kvantne informacije. Zadatak pristupnika bit će usmjeriti vrlo slabi snop protona u APD te istražiti: (1) može li se detektorati (i s kojom efikasnošću) pojedini proton koji uđe u osjetljivi dio diode; (2) kako iradijacija protonima utječe na permanentno povećanje šuma SPC i (3) kakva su statistička svojstva šuma nastalog kao posljedica trajnih promjena uslijed iradijacije protonima. Na kraju, diskutirat će se moguće primjene ovako "obrađenih" detektora fotona s povećanim šumom u kvantnoj informaciji napose kvantnoj kriptografiji.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike

**Mentor:** dr. sc. Denis Sunko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kvantne tekućine

**Sadržaj teme:**

Tekućine s kojima se svakodnevno susrećemo su u takozvanoj hidrodinamičkoj granici, što među ostalim znači da energija iznosa  $kT$  može pobuditi mnoštvo mikroskopskih (kvantnih) stanja. Raspršenjem među tim stanjima se uvode nova stanja, te se pojavljuje trenje. No postoji i suprotna granica, u kojoj je pobuđeno tek jedno ili mali broj kvantnih stanja, a tekućina ipak teče. Kako ona to uspijeva? Objašnjenja variraju od sluĀĀaja do sluĀĀaja, a odnose se na niz zanimljivih i tehnoloĀiki važnih stanja materije na niskim temperaturama: supravodljivost, supratekućost helija, kvantni Hallov učinak, Bose-Einsteinova kondenzacija teških atoma, no i "obiĀni" elektronski plin u metalima je u stvari kvantna tekućina, koja tek zbog nekih sluĀĀajnosti isprva ne izgleda neobiĀno. Ovo otvara mogućnosti diplomskih radova naizgled razliĀitih usmjerenja, a koje ujedinjava to svojstvo kvantne mehanike, da veliko mnoštvo Āestica može zajedno Āiniti jedno jedino stanje gibanja, u kojem nema trenja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Denis Sunko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Jake kvantne korelacije

**Sadržaj teme:**

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). U visokotemperaturnim supravodičima, to je posljedica jake kratkodosežne odbojne sile među elektronima. Drugdje to može biti zbog međudjelovanja vodljivih elektrona sa lokaliziranim kvantnim stanjima. Bitan fizikalni sadržaj ovih problema se može proučavati na pojednostavljenim modelima, od kojih su neki okrenuti tumačenju određenih mjerenih pojava, a drugi rasvjetljavanju pojedinih teorijskih ideja. U širokom rasponu poznatih pristupa, 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.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** dr. sc. Denis Sunko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Klasični kompleksni sustavi

**Sadržaj teme:**

Tekućine s kojima se svakodnevno susrećemo su u takozvanoj hidrodinamičkoj granici, što među ostalim znači da su njihovi mali dijelovi svaki za sebe u termodinamičkoj ravnoteži, dok se odstupanja od ravnoteže očituju na velikim udaljenostima i za vremena puno duža, nego je potrebno da jedna sićušna kapljica dođe u ravnotežu. No moguć je i suprotan slučaj, u kojem je gibanje molekula tako ometeno, da se termodinamička ravnoteža ne uspijeva uspostaviti već na nanometarskim skalama, a neravnotežno stanje traje vrlo dugo. Tada govorimo o kinetičkim staklima. Pojmovni aparat stečen na ovakvim sustavima ima iznenađujuće širok raspon primjena, od polimera u zubnim ispunama, do prometnih kolapsa. Treba ipak napomenuti da je ova širina ponešto na štetu dubine, pa svjetskim istraživanjima dominiraju računalne simulacije, većinom na razini koja je pristupačna i u Zagrebu. Kompleksnost tih simulacija općenito ne nadilazi okvire diplomskog rada, za nekog tko je sklon programiranju.

**Smjerovi:** fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

|                      |  |                     |     |
|----------------------|--|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | doc. dr. sc. Selma Supek   | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Magnetoencefalografija: Nelinearni i linearni modeli prostorno-vremenske lokalizacije  |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Magnetoencefalografija (MEG) predstavlja neurodinamičku metodu za neinvazivno funkcionalno oslikavanje mozga koja mjerenjem ekstremno slabih ekstrakranijskih magnetskih polja omogućuje prostorno-vremenske lokaliziranje kortikalne aktivnosti i time milisekundno praćenje senzornog i kognitivnog procesiranja ljudskog mozga. Cilj je diplomskog rada usporediti nelinearne i linearne modele prostorno-vremenskog lokaliziranja izvođenjem numeričkih simulacija za slučajeve jednostrukih i višestrukih točkastih i distribuiranih izvora (izvora rastuće kortikalne površine) korištenjem "open source" programskih paketa MRVIEW te NUTMEG ili MNE. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački), prof. fizike i informatike  |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Ana Sušac   | <b>Institucija:</b> | PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Mjerenje pokreta očiju u istraživanju strategija u rješavanju jednostavnih jednadžbi.   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Mjerenje pokreta očiju sve se više koristi u edukacijskim istraživanjima. U diplomskom radu će se prikazati ova metoda mjerenja i dati kratki pregled dosadašnjih istraživanja. Diplomand će sudjelovati u analizi podataka izmjerenih dok su studenti rješavali jednostavne jednadžbe. Očekuje se da će primjena ove metode dati novi uvid u studentske strategije u rješavanju jednadžbi. |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije   |                     |     |

|                      |   |                     |     |
|----------------------|---|---------------------|-----|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Suzana Szilner  | <b>Institucija:</b> | IRB |
| <b>Naslov teme:</b>  | Eksperimentalno određivanje multipolariteta elektromagnetskih prijelaza izazvanih reakcijama prijenosa nukleona   |                     |     |
| <b>Sadržaj teme:</b> | U okviru diplomskog rada treba izvrijediti podatke vezane uz elektromagnetske prijelaze pobuđene nuklearnom reakcijom $40\text{Ar}+208\text{Pb}$ mjerenom magnetskim spektrometrom PRISMA u koincidenciji s detektorom gama-zračenja CLARA. Spektri pobuđenja izotopa argona izazvanih reakcijom prijenosa neutrona ukazuju na snažno pobuđenje jednočestičnih stanja, te stanja nastalih vezanjem jednočestičnih stanja s kolektivnim bozonima. Niz novootkrivenih stanja objašnjen je vezanjem između stanja $2+$ parnih izotopa i neutrona u orbitali $f_{7/2}$ u izduženu konfiguraciju spina $11/2$ . Kako mjerenje daje samo koincidencije između izotopa argona i gama-zraka, informacija o spinu dobivena je usporedbom s modelom ljusaka. Modularnost gama-detektora CLARA daje mogućnost izvrijednjavanja kutnih raspodjela elektromagnetskih prijelaza, te time omogućuje dublji uvid u multipolaritete tih prijelaza. Nuklearni modeli reakcija predviđaju da je udarni presjek prijenosa nukleona najveći kada su orbitale sudarajućih jezgra poravnate. |                     |     |
|                      | Glavni zadatak ovog diplomskog rada bio bi provjeriti poravnatost orbitala u slučaju reakcija prijenosa nukleona na energijama bliskim kulonskoj barijeri. Prvi korak bio bi provjeriti metodu na poznatim prijelazima, a onda pokušati odrediti multipolaritet novootkrivenih elektromagnetskih prijelaza.   |                     |     |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                     |     |

**Mentor:** dr. sc. Antonio Šiber

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Usporedba zrcaljenja na paraboličnim i sfernim zrcalima i značenje paraksijalne aproksimacije u geometrijskoj optici

**Sadržaj teme:**

Najjednostavnije objašnjenje refleksije i refrakcije svjetlosti u optičkim sustavima može se dobiti u aproksimaciji geometrijske optike. Redovito se uz ovu aproksimaciju koristi i paraksijalna aproksimacija, tj. pretpostavka da se svjetlosne zrake prostiru blizu optičke osi sustava. Za kuteve  $\theta$  koje takve zrake zatvaraju s optičkom osi sustava vrijedi da je  $\sin(\theta)$  približno jednak  $\theta$  i  $\cos(\theta)$  približno jednak 1 [1]. Paraksijalna se aproksimacija može lako zaobići koristeći računalne aplikacije za praćenje optičkih zraka, kao što je npr. PovRay [2]. Ciljevi ovog diplomskog rada su:

1. Objasniti paraksijalnu aproksimaciju te optičke efekte koji nastaju u sustavima u kojima se ona ne može primijeniti, posebno zrcalima [1].
2. Primijeniti program PovRay za numeričku ilustraciju paraksijalne aproksimacije. Objasniti razlike između sfernih i paraboličnih zrcala simulacijama zrcaljenja u PovRay-u. [3,4,5]

Literatura:

[1] Jon Lawrence, Telescope Optics, ASTR278: Advanced Astronomy (2011). [2] Persistence of Vision Ray Tracing, <http://www.povray.org> [3] Kristijan Kunštek, "Reprezentacija učinka kompleksnih optičkih elemenata metodom praćenja zraka", diplomski rad, Fakultet za fiziku, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (2010); vidi [http://asiber.ifs.hr/diplomski\\_kunstek.html](http://asiber.ifs.hr/diplomski_kunstek.html) [4] Bruno Paun, "Istraživanje kaustike metodom praćenja svjetlosnih zraka i usporedba s eksperimentom", diplomski rad, Fakultet za fiziku, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (2011); vidi [http://asiber.ifs.hr/bruno\\_pauns\\_caustic.html](http://asiber.ifs.hr/bruno_pauns_caustic.html) [5] Marko Marelja, „Simulacija ne-sfernih zrcala i anamorfnih slika metodom praćenja svjetlosnih zraka“, diplomski rad, Fakultet za fiziku, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (2012); vidi [http://asiber.ifs.hr/marko\\_mareljas\\_anamorphosis.html](http://asiber.ifs.hr/marko_mareljas_anamorphosis.html)

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike

**Mentor:** dr. sc. Tonči Tadić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Pulsirani ionski snopovi za dvostruko ozračavanje ionima

**Sadržaj teme:**

Ozračavanjem poluvodiča i polimernih materijala snopovima iona MeV-skih energija mijenjaju se njihova fizička i kemijska svojstva. Ionskim ozračavanjem mogu se ujedno simulirati efekti u materijalu nastali ozračavanjem neutronima ili gama-zračenjem. Komora za dvostruko ozračavanje (Dual-Beam Chamber) na IRB-u omogućava istodobno ozračavanje uzoraka s dva ionska snopa MeV-skih energija iz dva akceleratora, te spada u krug od svega 10 sličnih sustava u svijetu. Za neposredno proučavanje procesa tijekom ozračavanja nužno je kratko tj. pulsirano ozračavanje uzoraka s jednim ionskim snopom, a uz praćenje efekata ozračavanja drugim ionskim snopom. Diplomski rad bi obuhvatio projektiranje i ugradnju jednostavnog sustava za mehaničko prekidanje/pulsiranje jednog ili oba ionska snopa. Uz konstrukciju samog sustava za pulsiranje ionskih snopova, u sklopu izrade diplomskog rada biti će eksperimentalno demonstrirane mogućnosti ovakvog sustava za razne primjene u modifikaciji materijala.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Eduard Tutiš

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Električni transport i termoelektrični učinak u gustom sustavu lokaliziranih nositelja naboja

**Sadržaj teme:**

Problem električnog transporta za lokalizirane nositelje naboja (polarone) dobro je poznat u granici niske gustoće, te za homogeni medij. U granici visoke gustoće gdje je međudjelovanje nositelja naboja nezanemarivo, te u slučaju nereda, problem je složeniji, te istovremeno relevantan za nove klase materijala s jako polarizabilnim molekulama. U radu bi se metodom transfer matrice i/ili Monte Carlo uzorkovanja istražili transportni koeficijente (vodljivost i termoelektrični koeficijent) za gusti sustav lokaliziranih čestica s unutarnjim stupnjevima slobode, koje međudjeluju kratkodosežnim silama, te se gibaju pod djelovanjem stohastičkih sila.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** prof. dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Toplovodna cijev ("heat-pipe")- princip rada i primjene

**Sadržaj teme:**

Uređaj zvan „toplovodna cijev“ („heat-pipe“) izumio je 1942. g. R. S. Gaugler, koji je u General Motorsu radio na problemima efikasnog odvođenja topline. Stjecajem okolnosti rezultati njegova rada nisu postali poznati širem krugu istraživača. Dvadesetak godina kasnije G. M. Grover iz Los Alamos Scientific Laboratory radio je na sličnim istraživanjima, ali za potrebe NASA-inog svemirskog programa. Iako nije znao za Gauglerov rad došao je do konstrukcije toplovodne cijevi koja je u principu bila jednaka onoj R. S. Gauglera. Grover i suradnici napravili su, i u praksi dalje usavršili, prve primjerke toplovodnih cijevi za potrebe NASA-e.

Rad toplovodne cijevi kombinira prijenos topline zagrijanom parom i kruženje radne tekućine uzrokovano kapilarnim silama. Zagrijavanjem isparivačkog dijela cijevi radna tekućina u njoj apsorbira toplinu, isparava i u tom dijelu cijevi tlak para raste. Zagrijana para je sve višim vlastitim tlakom tjerana kroz središnji šuplji dio cijevi prema području ukapljivanja gdje predajom iste količine topline koju je prije apsorbirala prelazi u tekuće stanje. Temperatura cijevi praktički je jednaka na cijeloj dužini cijevi od zone isparavanja preko međuprostora do zone ukapljivanja zato što se procesi isparavanja i ukapljivanja događaju na istoj temperaturi (Clausius-Clapeyronov zakon). Vrlo mala razlika u temperaturama zone isparavanja i zone ukapljivanja (tipično manje od 10C) rezultira vrlo velikom toplinskom vodljivošću uređaja (efektivna toplinska vodljivost je tisuće puta veća nego npr. kod bakra). U prvom dijelu diplomskog rada student će proučiti fizičke osnove rada toplovodne cijevi (pojam topline, temperature, latentne topline isparavanja i ukapljivanja, močenje površine, kapilarni pojav, itd ...) i detalje konstrukcije toplovodnih cijevi. U drugom dijelu bit će prikazana najzanimljivija područja primjene toplovodnih cijevi (izjednačavanje temperature oplata svemirskih brodova, odvođenje topline iz jezgre nuklearnog reaktora, hlađenje osjetljivih elektroničkih komponenata, stabiliziranje nosača naftovoda, dio nove vrste pogona budućih svemirskih letjelica, u medicini-kriokirurgiji, ...). Posebno će biti prikazana upotreba toplovodnih cijevi u spektroskopskim istraživanjima vrućih para kemijski agresivnih elemenata.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fizika plazme i moderne tehnologije

**Sadržaj teme:**

Tehnologije osnovane na korištenju plazme danas pokrivaju vrlo širok spektar industrijskih aktivnosti. Plazmu (u širem smislu) čine elektroni, pozitivno i/ili negativno nabijeni ioni i neutralne čestice. Ovo stanje tvari može biti shvaćeno i kao prirodni kemijski reaktor, a neke kemijske reakcije mogu se dogoditi samo u okruženju koje pruža plazma. U tom smislu plazma pruža izuzetno široke mogućnosti primjene. Plazme se može dijeliti na osnovu različitih kriterija. Za potrebe ovog rada plazme možemo podijeliti na (a) laboratorijske plazme, i (b) industrijske plazme. Laboratorijske plazme su dobro definirano atomskog/ionskog sastava, često (vrlo) visoke temperature, čija su istraživanja usmjerena na razumijevanje temeljnih atomskih procesa koji se u njima događaju. Industrijske plazme najčešće su vrlo kompleksnog sastava (koji ovisi o namjeni plazme), procesi koji se u njima događaju su vrlo složeni, slabije istraženi i odvijaju se pri relativno niskim temperaturama. U uvodnom dijelu rada student/ica će opisati fizičke osnove niskotemperaturne plazme. U drugom dijelu rada bit će prikazana najvažnija i najzanimljivija područja primjene plazme u modernim tehnologijama (različiti aspekti obrade materijala, sinteza određenih spojeva i uređaja, rasvjeta, uređaji koji se rabe u plinskoj elektronici, medicinske svrhe itd).

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fotomultiplikator

**Sadržaj teme:**

Među svim fotoosjetljivim uređajima koji su danas u upotrebi u znanstvenim istraživanjima i u tehnici, fotomultiplikator zauzima posebno mjesto zbog svoje izuzetno visoke osjetljivosti i brzine odgovora („response time“).

Fotomultiplikator kombinira dva efekta: fotoemisiju i sekundarnu emisiju elektrona. Sastoji se od fotoosjetljive elektrode (katode) koja obasjana svjetlošću emitira elektrone zbog fotoefekta, sustava međuelektroda na kojima dolazi do lavinskog umnožavanja elektrona sekundarnom emisijom, te konačno od kolektorske elektrode (anode) koja tako nastalu struju elektrona prikuplja. Cijeli sustav zatvoren je u staklenoj cijevi pri vrlo visokom vakuumu.

U prvom dijelu diplomskog rada student/ica će proučiti fizičke osnove rada fotomultiplikatora, detalje konstrukcije i njegova elektronička svojstva. U drugom dijelu bit će prikazana najzanimljivija i najvažnija područja primjene. Posebno će biti prikazana upotreba fotomultiplikatora u spektroskopskim istraživanjima u atomskoj i molekularnoj fizici.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

|                      |   |                         |
|----------------------|---|-------------------------|
| <b>Mentor:</b>       | dr. sc. Tomislav Vuletić  | <b>Institucija:</b> IFS |
| <b>Naslov teme:</b>  | Istraživanje mikroskopijom atomskih sila DNK molekula deponiranih na dobro definiranim površinama   |                         |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Potreba za brzim sekvenciranjem DNK molekula, u kliničkoj i znanstvenoj primjeni, otvara niz novih, fundamentalnih pitanja u području biofizike. Umjesto vremenski zahtjevnog rada s otopinama, današnje se metode baziraju na stvaranju DNK senzora/čipova. Oni nastaju učvršćivanjem DNK proba na razne podloge (substrate), i na takav način služe kao detektori za određenu vrstu molekula (ciljane molekule) koje prepoznaju DNK probu. S ovime je povezano istraživanje mikroskopijom atomskih sila konformacija i/ili uređenja DNK molekula deponiranih na dobro definiranim, atomski ravnim površinama kao što su tinjac ili pirolitički grafit, što je i tema predloženoga rada. |                         |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                         |

|                      |   |                         |
|----------------------|---|-------------------------|
| <b>Mentor:</b>       | prof. dr. sc. Krešo Zadro   | <b>Institucija:</b> PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Magnetska svojstva izabranih tetranuklearnih kompleksnih spojeva  |                         |
| <b>Sadržaj teme:</b> | Jednomolekulski magneti su nakupine koje sadrže određeni broj magnetskih centara povezanih izmjenom. Vrlo su zanimljivi kako za temeljna istraživanja (kvantno tuneliranje magnetizacije) tako i za moguće primjene. Otkriće jednomolekulskog magnetizma u Ni(II) visokospinskim molekulskim nakupinama pojačava interes za istraživanjem tetranuklearnih kompleksnih spojeva nikla. U radu će biti napravljena magnetska mjerenja i detaljna analiza magnetskih svojstava nekih Ni <sub>4</sub> tetranuklearnih spojeva. |                         |
| <b>Smjerovi:</b>     | fizika (istraživački)   |                         |

|                      |   |                         |
|----------------------|---|-------------------------|
| <b>Mentor:</b>       | prof. dr. sc. Krešo Zadro   | <b>Institucija:</b> PMF |
| <b>Naslov teme:</b>  | Gaussov top - demonstracijski pokus za magnetski akcelerator  |                         |
| <b>Sadržaj teme:</b> | U radu će biti postavljeni i analizirani demonstracijski pokusi s magnetskim ubrzavanjem. Najdnostavniji pokus, poznat pod imenom Gaussov top, pokazuje ubrzavanje kuglice pomoću magneta. Postav se sastoji od više čeličnih kuglica i jakog magneta postavljenih na žlijeb. Cilj rada je napraviti procjenu maksimalne brzine koristeći osnovne fizičke zakone. |                         |
| <b>Smjerovi:</b>     | prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije   |                         |

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešo Zadro

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Ultrazvuk i njegove primjene

**Sadržaj teme:**

Nakon uvoda o longitudinalnim mehaničkim valovima i ultrazvuku rad će se fokusirati na detaljni opis proizvodnje ultrazvučnih valova te njihove primjene u različitim područjima, od medicine do industrije.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

**Mentor:** prof. dr. sc. Krešo Zadro

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mikrovalovi i njihove primjene

**Sadržaj teme:**

Nakon uvoda o elektromagnetskim valovima i njihovom spektru u radu će se detaljnije obraditi područje mikrovalova, njihova proizvodnja te primjena u različitim područjima.

**Smjerovi:** prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

Naknadno dodane teme (travanj 2013):

MENTOR: Prof.dr.sc. Krešimir Pavlovski

TEMA: Određivanje udaljenosti galaksije M33 pomoću dvojnog sustava zvijezda

PRIKLADNO ZA SMJER: Diplomirani inženjer fizike - eksperimentalni smjer; istraživački smjer

KRATAK OPIS TEME: Poznavanje udaljenosti galaksija suštinski je za razumijevanje postanka i razvoja svemira. Kozmološka ljestvica udaljenosti baždari se na udaljenosti galaksija Lokalne grupe galaksija. Moderne astrofizičke metode omogućuju određivanje fundamentalnih parametara zvijezda u dvojnim sustavima s točnošću od 1%, što svoje zvijezde čini izvrsnim indikatorima udaljenosti. U diplomskom radu bit će određena udaljenost galaksije M33 zasnovana na analizi spektara dvojnog sustava.

MENTOR: Prof.dr.sc. Hrvoje Buljan

TEMA: Magnetski bipolaroni u kvantnim točkama: od spinskih koralja do Wignerovih molekula

PRIKLADNO ZA SMJER: Diplomirani inženjer fizike - teorijski smjer, istraživački smjer

KRATAK OPIS TEME: Poluvodičke kvantne točke, poput atoma ili nuklearnih jezgri, ističu se formiranjem strukture ljuski. Sličnost kvantnih točki zatvorenih ljuski sa plemenitim plinovima podrazumijeva njihovu magnetnu inertnost i osnovno stanje ukupnog spina nula. Na primjeru Mn-dopiranih kvantnih točaka sa dva elektrona (ili supljine) koji formiraju zatvorenu ljusku, predviđamo formiranje spinskog pseudo-singleta i nova magnetska uređenja koja imaju korelirana stanja sa svojstvima sličnim Wignerovim kristalima.