

Prijedlozi tema za diplomske radove u 2018.

Mentor: dr. sc. Damir Aumiler

Institucija: IFS

Naslov teme: Koherentni efekti u hladnom atomskom plinu

Sadržaj teme:

Hladni atomski plinovi pripremljeni u magneto-optičkim stupicama idealan su sustav za istraživanje koherentnih efekata koji nastaju kao rezultat pobuđenja atoma laserskim zračenjem. U hladnim se plinovima atomi gibaju brzinama od svega desetak cm/s, zbog čega je Dopplerov efekt zanemariv, sudara među atomima praktički nema, a vrijeme međudjelovanja s laserskom svjetlošću je dugo. Cilj diplomskog rada je opažanje koherentnih efekata koji nastaju uslijed istovremene pobude hladnih atoma rubidija kontinuiranim laserom i optičkim frekventnim češljem. Rad obuhvaća faznu stabilizaciju frekvencije kontinuiranog lasera na frekventni češalj, te razvoj i uspostavu eksperimentalnog postava za opažanje koherentnih efekata elektromagnetski inducirane transparentije i/ili Faradayevog efekta. Mjerenjem optičkih svojstava hladnog plina istražiti će se utjecaj različitih eksperimentalnih parametara na koherenciju atomskih stanja, a pri interpretaciji rezultata koristit će se teorijski model međudjelovanja atoma s laserom temeljen na optičkim Blochovim jednadžbama.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Balog

Institucija: IFS

Naslov teme: Dinamika domenskih zidova u sustavima s neredom

Sadržaj teme:

U posljednje vrijeme bilježi se snažan rast istraživanja utjecaja nereda na sustave u kojima su efekti dugodosežnih korelacija isprepleteni s utjecajem nereda. Interes za takve sustave je kako teorijske tako i eksperimentalne prirode, ali također i sa strane primjena u modernim tehnologijama. Na primjer, procesi zapinjanja ("depinning") koji su prisutni u takvim materijalima, i koje želimo proučavati, direktno utječu na brzinu i disperziju energije u elektroničkim uređajima.

Fokusirati ćemo se na metalno staklo $Fe_xNi_{80-x}B_{18}Si_2$. Razlog je u tome što taj spoj zbog svojih karakteristika omogućava promatranje međugre dva fizikalno zanimljiva efekta: a) termodinamičkog faznog prijelaza i b) relaksacijske dinamike domenskih zidova prilikom procesa zapinjanja. S magnetske strane, sustav predstavlja 3D klasični Heisenbergov model, ali zbog toga što je pripremljen brzim kaljenjem, on pokazuje karakteristike strukturnog stakla koje u konačnici uvode orijentacijski nered u interakciji spinskih stupnjeva slobode. Takav nered uzrokuje zapinjanje domenskih zidova u feromagnetskoj fazi što rezultira u netrivialnoj, fraktalnoj hrapavosti domenskog zida koji razdvaja domene (zrna) različite orijentacije magnetizacije. Karakteristike i dinamika domenskog zida odražavaju se na magnetsku susceptibilnost. Preliminarna istraživanja pokazala su da susceptibilnost ispod termodinamičkog prijelaza pokazuje potpise fizike lavina (naglih nelokalnih promjena u sustavu), što je u skladu s fizikom zapinjanja domenskih zidova i spore relaksacije pri konačnim temperaturama ("creep motion"). Također utjecaj na parametar udjela atoma željeza "x" pruža mogućnost direktne kontrole nad parametrima jakosti zapinjanja u sustavu.

Naglasak rada bi bio na razumijevanju doprinosa AC magnetske susceptibilnosti u fenomenološkom modelu izvedenom iz modela nasumične mnogostrukosti ("random elastic manifold model"). Analitički rezultat usporedio bi se s mjerenim rezultatima i diskutirale granice primjenljivosti. Student bi također aktivno sudjelovao u mjerenjima AC susceptibilnosti u laboratoriju M. Prestera.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Balog

Institucija: IFS

Naslov teme: Lavine u neuređenim sustavima

Sadržaj teme:

Pojam lavine svima je poznat iz prirode gdje u planinama možemo opaziti snježne lavine. Ekvivalent takvih događaja postoji i u neuređenim sustavima i u zadnje vrijeme postoji snažan interes za teorijsko razmjevanje ovih procesa. Jedan od razloga tome jest što jedinstveni teorijski opis ne postoji, ali također i što su ti procesi sveprisutni, bilo u geofizici, metalurgiji i drugdje.

Polazište za proučavanje fizike lavina u ovom radu biti će jednodimenzionalni Isingov model s nasumičnim poljem i dalekodosežnim interakcijama, koji predstavlja jedan od bitnijih modela u teoriji neuređenih sustava. Ovisno o jakosti nereda, takav sustav može biti ili feromagnetski uređen ili neuređen. Ono što je interesantno jest da osnovno stanje sustava daje sve informacije o faznom prijelazu između te dvije faze. Ako variramo vanjsko magnetsko polje mogući su nagli skokovi u odzivu sustava, čiji je uzrok nagla promjena osnovnog stanja sustava. Ti skokovi zovu se lavine. Ako je sustav blizu faznog prijelaza lavine mogu biti jako velike i doseći veličinu cijelog sustava. Želimo istražiti karakteristike baš takvih velikih lavina.

Za tehnički dio proračuna vezanih uz ovaj diplomski rad koristili bi se gotovi programi za pronalaženje osnovnog stanja sustava pomoću "min-cut-max-flow" algoritma. Iskustvo i znanje stečeno izradom ovog diplomskog rada bit će vrlo korisno za studenta koji se želi nastaviti baviti trenutnim fundamentalnim teorijskim istraživanjima kompleksnih i neuređenih sustava, ali također i u mogućim eksperimentalnim i tehnološkim primjenama.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Mjerenje apsolutne frekvencije lasera pomoću frekventnog češlja za primjenu u metrologiji

Sadržaj teme:

Frekventno stabilizirani kontinuirani laseri koriste se kao primarni etaloni duljine za visoko precizna mjerenja u području mjeriteljstva. Stoga je poznavanje apsolutne frekvencije stabiliziranog lasera nužno za ostvarenje primarnog etalona duljine. Cilj diplomskog rada je demonstrirati upotrebu optičkog frekventnog češlja za mjerenje apsolutne frekvencije jedno stabiliziranog He-Ne lasera na 633 nm koji se koristi kao primarni etalon duljine. U tu svrhu razvit će se eksperimentalni postav temeljen na heterodinoj spektroskopiji kojim će se mjerenjem frekvencije udara između frekventnog češlja i He-Ne lasera, uz točno poznavanje frekvencija modova frekventnog češlja, odrediti apsolutna frekvencija i stabilnost He-Ne lasera. U sklopu diplomskog rada usvojit će se osnovne eksperimentalne metode stabilizacije frekventnog češlja i kontinuiranih lasera, stvaranja superkontinuumu pomoću nelinearnog optičkog vlakna i heterodina spektroskopija. Stabilnost frekvencije He-Ne lasera procjenit će se iz računa Allanove devijacije. Proučit će se utjecaj raznih parametara na stabilnost frekvencije He-Ne lasera procijenjene na temelju računa Allanove devijacije.

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

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Međudjelovanje optičkog rezonatora i frekventnog češlja za primjenu u hlađenju atoma

Sadržaj teme:

Hlađenje atoma laserom temelji se na izmjeni impulsa između fotona i atoma u procesu apsorpcije i spontane emisije. Efikasan proces hlađenja postiže se u slučaju vrlo velikog broja ciklusa apsorpcije i spontane emisije, što je relativno jednostavno postići kod atoma s jednostavnom energijskom strukturom i zatvorenim optičkim prijelazima. Hlađenje atoma s kompleksnijom energijskom strukturom, kao i hlađenje molekula, zahtjeva razvoj novih tehnika hlađenja, a jedna od predloženih je hlađenje pomoću optičkog rezonatora. Cilj diplomskog rada je proučavanje međudjelovanja optičkog rezonatora i frekventnog češlja u kontekstu primjene u hlađenju atoma. Diplomski rad obuhvaća izgradnju i karakterizaciju optičkog rezonatora, razvoj i primjenu Pound-Drever-Hall eksperimentalne tehnike kojom će se frekventni češalj zaključati na optički rezonator, te mjerenje vremena života fotona u optičkom rezonatoru za različite uvjete pobuđenja frekventnim češljem. Uz eksperimentalni rad, od studenta se očekuje i razvoj jednostavnih teorijskih modela za opis međudjelovanja optičkog rezonatora i frekventnog češlja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slaven Barišić Osor

Institucija: IFS

Naslov teme: Polaroni

Sadržaj teme:

Polaroni nastaju kada 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 i polaronski učinci 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. Pomoću ove tehnike dobiva se izravan uvid i u međudjelovanja koja u pojedini materijalima djeluju na elektrone. Zadnja ARPES mjerenja poluvodiča kakvi su SrTiO₃ ili anataze TiO₂ [1], odnosno prijelaznog sloja LaAlO₃/SrTiO₃ [2], otkrila su značajne polaronske učinke i iznenađujuća ponašanja s aplikativnim primjenama.

Rad bi kombiniranjem analitičkih i numeričkih pristupa proučio elektronsku spektralnu funkciju u modelu i granicama koje su relevantne za opisane eksperimente i materijale. 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. Ovisno o izvedbi, diplomski rad na opisanu temu ujedno bi mogao biti dobar temelj za jednu ili više znanstvenih publikacija, kao i za daljnja istraživanja.

[1] S. Moser, L. Moreschini, J. Jaćimović, O. S. Barišić, H. Berger, A. Magrez, Y. J. Chang, K. S. Kim, A. Bostwick, E. Rotenberg, L. Forro, M. Grioni, Tunable Polaronic Conduction in AnataseTiO₂, Phys. Rev. Lett. 110, 196403 (2013).

[2] C. Cancellieri, A. Mishchenko, U. Aschauer, A. Filippetti, C. Faber, O. S. Barišić, V. Rogalev, T. Schmitt, N. Nagaosa, V. Strocov, Polaronic metal State at the LaAlO₃/SrTiO₃ interface, Nat. Commun. 7, 10386 (2016).

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

Mentor: dr. sc. Slaven Barišić Osor

Institucija: IFS

Naslov teme: Mnogočestična lokalizacija

Sadržaj teme:

Spinski lanci jedni su od možda najjednostavnijih, a opet fascinantnih primjera sustava reducirane dimenzionalnosti koji iskazuju kompleksnu kvantnu mnogočestičnu fiziku, uz jako sprezanje (eng. entanglement) mikroskopskih stupnjeva slobode preko makroskopskih skala. Dok je u granici čistih spinskih lanaca fazni dijagram dobro poznat, isto se ne može reći za sustave u kojima je uveden nered. Anomalna ponašanja izazvana s malom brojem nečistoća i postojanje faznog prijelaza zbog mnogočestične lokalizacije [1,2] za jaki nered na konačnim temperaturama su o ovom trenutku predmet intenzivnih istraživanja. Točnije, mnogočestična lokalizacija izaziva određene kontraverze i trenutno predstavlja područje u kojem se objavljuje izuzetno puno radova.

U odsutnosti međudjelovanja, 1D Heisenbergov model s lokalnim neredom pokazuje Andersonovu lokalizaciju, karakteriziranu s potpunim skupom lokaliziranih jednoelektronskih stanja. Koristeći taj skup kao bazu, Hamiltonian se može napisati kao suma dijagonalnog (jednočestičnog) i nedijagonalnog (mногоčestičnog) dijela. To otvara zanimljivu mogućnost istraživanja uloge međudjelovanja, počevši od lokaliziranih jedno-elektronskih stanja. Uz posebnu pažnju poklonjenu problemu rezonancija, što zadatak čini izrazito netrivialnim, može se istražiti svojstva perturbativnog razvoja za koji je međudjelovanje formalno mali parametar.

[1] P. Prelovšek, O. S. Barišić, M. Mierzejewski, Reduced-basis approach to many-body localization, Phys. Rev. B 97, 035104 (2018).

[2] O. S. Barišić, J. Kokalj, I. Balog, P. Prelovšek, Dynamical conductivity and its fluctuations along the crossover to many-body localization, Phys. Rev. B 94, 045126 (2016).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Neven Žitimir Barišić

Institucija: PMF

Naslov teme: Visokotemperaturna supravodljivost – ponašanje fermijevske tekućine i lokalizacija jedne šupljine po jediničnoj ćeliji

Sadržaj teme:

Pojava visokotemperaturne supravodljivosti pokazala se jednim od najuzbudljivijih fizikalnih problema, koji unatoč iznimnim naporima znanstvene zajednice ni sada nakon više od 30 godina istraživanja još uvijek nije riješen. Najveći problem u tom smislu predstavljaju kompleksnost materijala u kojima se ona pojavljuje, koje onda prate i vrlo složeni fazni dijagrami. Tako se zbog prisutnosti antiferomagnetske faze, jakih elektronskih međudjelovanja, pojave tzv. pseudoprocijepa, itd., elektronska svojstva visokotemperaturnih supravodiča na bazi spojeva bakrenih oksida obično tumače kao vrlo nestandardna (nefermijevska) i egzotična. Dvije teme za diplomske radove koje se ovdje predlažu ušle bi u okvir eksperimentalnih istraživanja koja su unazad nekoliko godina pokazala da je ovu vrlo kompliciranu situaciju s pojavom visokotemperaturne supravodljivosti moguće pokušati objasniti promjenom pojedinih paradigmi, uz uvođenje sljedećih osnovnih polazišta: 1) vodljivi nosioci naboja koji sudjeluju u pojavi visokotemperaturne supravodljivosti slijede dobro poznato fermijevsko ponašanje; 2) pojava pseudoprocijepa odgovara postupnoj (Mottovoj) lokalizaciji točno jednog nosioca naboja po jediničnoj ćeliji; 3) tzv. bozonsko ljepilo dolazi od bozonskih pobuđenja jednog lokaliziranog naboja po jediničnoj ćeliji, što vodi na novi oblik ekscitonskog mehanizma za supravodljivost. Prva tema ===== U okviru teme prvoga diplomskog rada istraživanja bi bila vezana za pitanje univerzalnosti vremena raspršenja koje karakteriziraju fermijevske tekućine. Pri tome bi se razmatrali fazni dijagrami visokotemperaturnih supravodiča na bazi spojeva bakrenih oksida. Diplomskim radom nastojao bi se napraviti kvalitetan uvod u problem te sažet i jasan pregled eksperimentalnih rezultata. Druga tema ===== U okviru teme drugoga diplomskog rada razmatrala bi se veza između supravodljivosti i lokalizacije jednoga naboja unutar jedinične ćelije. Diplomskim radom nastojao bi se dobiti pregled relevantne literature, kao i konkretniji uvid u osnovne aspekte problema.

N. Barišić et al., Nature Phys. 9, 761, 2013. N. Barišić et al., Proc. Natl. Acad. Sci., 110, 12235 (2013). S. I. Mirzaei et al., Proc. Natl. Acad. Sci., 110, 5774 (2013). M. K. Chan et al., Phys. Rev. Lett. (2014). N. Barišić et al., arXiv:1507.07885 (2015). Y. Li et al., Phys. Rev. Lett. 117, 197001 (2016).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mario Basletić

Institucija: PMF

Naslov teme: Računalo u eksperimentu

Sadržaj teme:

Cilj ovog rada je izrada jednostavnog uređaja, baziranog na Arduino ili RaspberryPi platformi, koji bi mogao služiti za višekanalno mjerenje vremenski ovisnih napona i/ili struja, ili kronometra baziranog na prekidanju svjetlosnog snopa. Takav uređaj bi onda mogao biti korišten u nastavi, demonstracijskim pokusima i/ili na praktikumima kao mjerni instrument s mogućnošću direktnog bilježenja i manipuliranja podataka s računalom, u stvarnom vremenu. Od studenta se očekuje poznavanje programiranja u programskom jeziku Python.

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

Mentor: dr. sc. Mario Basletić

Institucija: PMF

Naslov teme: 'Skin' efekt u nehomogenim materijalima

Sadržaj teme:

U ovom radu će se teorijskim metodama proučavati 'skin' efekt, tj. vođenje visokofrekventne struje u vodljivim materijalima. Posebna će se pažnja posvetiti razlici između homogenih i nehomogenih materijala, te će se na konkretnim primjerima planarnih i kružnih vodiča konstruirati egzaktna rješenja profila električnih struja i efektivne vodljivosti. Također, bit će dokazana relacija (teorem) o ukupnoj efektivnoj vodljivosti nehomogenih materijala u odnosu na homogene. Od studenta se očekuje poznavanje Besselove diferencijalne jednadžbe i pripadnih Besselovih funkcija.

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

Mentor: dr. sc. Domagoj Belić

Institucija: IRB

Naslov teme: Kompozitni nanomaterijali kao senzori za vlažnost i hlapive tekućine

Sadržaj teme:

U istraživanju će se ispitati morfološka, strukturna i senzorska svojstva kompozitnih nanomaterijala - ZnO nanoštapića modificiranih slojem TiO₂ i metalnih nanočestica, te ZnO nanoštapića modificiranih slojem BaTiO₃ i metalnih nanočestica. Nakon strukturno-elementarne analize pomoću pretražne elektronske mikroskopije, energijski disperzivne spektroskopije X-zraka i Ramanovog raspršenja, ispitivat će se promjena električne vodljivosti planarnih uzoraka nanokompozita u uvjetima promjenjivog sastava atmosfere u testnoj komori (odziv na vlažnost i hlapive tekućine - etanol, metanol, aceton,..) i svjetlosne pobude kontrolirane valne duljine. Cilj istraživanja je pojašnjenje osnovnih fizikalno-kemijskih mehanizama koji dovode do promjene električne vodljivosti kompozitnih nanomaterijala pod utjecajem navedenih okolišnih uvjeta, kao i optimizacija morfoloških i strukturnih svostava uzoraka za postizanje maksimalne osjetljivosti na spomenute hlapive tekućine.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje asteroida u pregledima neba primjenom neuronskih mreža

Sadržaj teme:

Poznato je više od 750 000 asteroida i stalno se otkrivaju novi. Procjenjuje se da se samo između Marsa i Jupitera giba između 1.1 i 1.9 milijuna asteroida čiji je promjer veći od jednog kilometra i na milijune manjih. LSST (Large Synoptic Survey Telescope), koji će s punim režimom rada početi 2022. godine, će povećati broj poznatih asteroida na oko 5 milijuna. Pri istraživanju asteroida dolazi se do vrlo velike količine podataka koji se moraju analizirati računalnim metodama. Zbog toga je razvoj metoda strojnog učenja vrlo značajan za ovo područje. U diplomskom radu student će primijeniti neuronske mreže za detekciju asteroida. Koristi se programski jezik Python i njegovi paketi za numerički rad te programske biblioteke za strojno učenje scikit-learn i TensorFlow.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor:	dr. sc. Ivančica Bogdanović Radović	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Molekularno mapiranje materijala važnih za forenzičko ispitivanje dokumenata pomoću MeV SIMS metode		
Sadržaj teme:	Spektrometrija sekundarnih molekularnih iona pomoću iona MeVskih energija (MeV SIMS) daje nam u kombinaciji sa teškoionskom mikroprobom moćno oruđe za 2D mapiranje molekularnog sastava različitih uzoraka s mikronskom prostornom rezolucijom. U ovom radu istražio bi se potencijal metode za molekularno mapiranje materijala važnih u ispitivanju sumnjivih dokumenata u forenzičke svrhe. Molekularni ioni koji su desorbirani s materijala pomoću primarnih teških iona MeVskih energija dolaze sa same površine uzorka te se zbog toga mogu koristiti za određivanje redosljeda depozicije raznih vrsta tinti i drugih materijala kao što su na primjer otisci prstiju na dokument. Također ispitat će se mogućnost datiranja dokumenata preko promjena koje u masenim spektrima tinti nastaju s vremenom.		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Damir Bosnar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Sustav za mjerenje magnetskog momenta miona iz kozmičkog zračenja tema		
Sadržaj teme:	U diplomskom će se izgraditi sustav za mjerenje magnetskog momenta miona iz kozmičkog zračenja. Kod raspada miona koji je uzrokovan slabom interakcijom imamo pojavu narušenja pariteta. Polarizirani kozmički mioni nastali iz raspada piona bit će zaustavljeni u ploči od metala koja se nalazi u poznatom magnetskom polju. Spinovi miona precesiraju u magnetskom polju i angularna distribucija pozitrona iz raspada pozitivnih miona bit će mjerena kao funkcija vremena scintilacijskim detektorima. Magnetski moment miona će se izračunati iz frekvencije precesije miona.		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike		

Mentor:	dr. sc. Damir Bosnar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Ispitivanje narušenja Paulijeva principa		
Sadržaj teme:	Paulijev princip zabranjuje postojanje dva fermiona u istom stanju. Iako Paulijev princip ima dalekosežne posljedice, njegov uzrok još uvijek nije objašnjen. Što isto tako znači da taj princip može biti određen, vrlo maloj mjeri i narušen u nekim reakcijama. Narušenja Paulijevog principa eksperimentalno su istraživana u traženju x-zraka emitiranih u prijelazima elektrona u popunjene ljuske određenih atoma, kao i traženjima gama zraka emitiranih u prijelazima u jezgrama, a koji su inače zabranjeni Paulijevim principom. U diplomskom radu će se HPGe detektorom mjeriti spektar x-zračenja iz olova kroz koji prolazi određena struja, odnosno postoje dodatni slobodni elektroni koji mogu, u slučaju narušenja Paulijevog principa, emitirati x-zrake određenih energija u slučaju elektronskih prijelaza u popunjeno osnovno stanje olova		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike		

Mentor: dr. sc. Roman Brajša

Institucija: GEO

Naslov teme: Mentor: dr. sc. Roman Brajša Institucija: Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (Opservatorij Hvar) Naslov teme: Radio zračenje atmosfere Sunca

Sadržaj teme:

Radio zračenje Sunca obuhvaća širok spektar od metarskih, centimetarskih, milimetarskih, do sub-milimetarskih valnih duljina. Područje nastajanja tog zračenja ovisi o položaju u Sunčevoj atmosferi, pri čemu valna duljina općenito raste s visinom. Kao mehanizam zračenja smatra se zaključno zračenje, te se koristi numerički postupak za izračunavanje jakosti zračenja (tzv. temperatura sjaja) ovisno o valnoj duljini i modelu atmosfere Sunca (gustoća i temperatura kao funkcija visine). Pri tome se jednadžba prijenosa zračenja za termičko zaključno zračenje numerički integrira, te se dobiva temperatura sjaja. Tako dobiveni rezultati postupkom modeliranja uspoređuju se s rezultatima dostupnih mjerenja (npr. ALMA, VLA, Metsahovi Radio Observatory itd.).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vuko Brigljević

Institucija: IRB

Naslov teme: Mjerenje raspada ultrarelativističkog Z bozona u 2 b kvarka CMS eksperimentom

Sadržaj teme:

Predmet ovog rada je proučavanje raspada ultrarelativističkog Z bozona u 2 b kvarka. Z bozon je jedan od nosioca slabe sile i otkriven je pred više od 30 godina. Na Velikom hadronskom sudarivaču je Z bozon odigrao važnu ulogu u velikom broju mjerenja, tako i u otkriću higgsovog bozona. Z bozon je opažen putem njegovih raspada u leptone ili kvarkove. Od interesa u ovom diplomskom radu su raspadi Z bozona u 2 b kvarka. Kvarkovi su nakon hadronizacije vidljivi u detektoru kao hadronski mlazovi. U ultrarelativističkom slučaju u kojem Z bozon nosi jako visoku količinu gibanja, dva hadronska mlaza iz dva b kvarka su kolimirani u jedan široki hadronski mlaz. Dobro razumijevanje ovakvih raspada će biti od velike koristi u još predstojećem mjerenju raspada higgsovog bozona u b kvarkove, i proučavanje sličnog raspada Z bozona može pomoći u razvoju optimiziranih algoritama za mjerenje tog raspada higgsovog bozona. Cilj ovog rada je razviti učinkovit algoritam za raspoznavanje takvih raspada koristeći leptonske raspada b kvarka u elektrone i mione i tako dobiti dovoljno velik uzorak ultrarelativističkih raspada Z bozona.

Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati s modernim metodama analize podataka prikupljenih na Velikom hadronskom sudarivaču te će se također uključiti u rad kolaboracije CMS, velike međunarodne znanstvene kolaboracije na samoj fronti istraživanja u fizici elementarnih čestica. Poželjno je osnovno poznavanje programskih jezika C/C++ i/ili Python te dobro vladanje engleskim jezikom.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Hrvoje Buljan

Institucija: PMF

Naslov teme: Sintetički magnetizam za ultrahladne atomske plinove

Sadržaj teme:

Razmatrati će se problemi vezani za sintetički magnetizam za ultrahladne atomske plinove. Na primjer, jedno zanimljivo pitanje je kako napraviti vektorski potencijal zavojnice i upisati ga pomoću lasera u 2D ultrahladni atomski plin (npr. bozonski)? U tu svrhu koristimo unutarnja atomska stanja i vezanje svjetlosti i materije. Što se događa kada upišemo 2 ili više takvih potencijala i adijabatski ih mjenjamo u vremenu? Uz ta konkretna pitanja, moguće je analizirati i niz drugih povezanih sa višečestičnim kvantnim sustavima u 2 dimenzije, topološkim stanjima, frakcionalnim Hallovim efektom, anyonima i slično.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Hrvoje Buljan

Institucija: PMF

Naslov teme: Sintetički magnetizam za fotone

Sadržaj teme:

Razmatrati će se problemi vezani za sintetički magnetizam u fotoničkim sustavima. Na primjer, jedno zanimljivo pitanje je kako napraviti vektorski potencijal zavojnice i upisati ga pomoću fazne maske u laserski snop? Uz ta konkretno pitanje, moguće je analizirati i niz drugih povezanih sa sustavima u 2 dimenzije, topološkim stanjima, anyonima i slično.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Kvantno računanje sa defektima

Sadržaj teme:

Glavni korak u razvoju kvantnih računala je pronalazak pouzdanih kvantnih "bitova". Silicij karbid (SiC) širokopolasni poluvodič je materijal koji se već pokazao iznimno korisnim za primjenu u elektronici. Iako se SiC pokazao i kao dobar temeljni materijal za kvantna računala, pitanje vezano uz defekte dubokih nivoa u SiC koji mogu služiti kao kvantni bitovi još uvijek nije riješeno. Defekti dubokih nivoa u SiC proučavat će se tranzijentnom spektroskopijom dubokih nivoa (DLTS) te visoko razlučivim Laplace DLTSom. Cilj je odrediti energijske dijagrame pojedinih defekata. Uz električnu karakterizaciju, koristit će se i vodljivi mikroskop atomske sile (AFM). Izrada rada će trajati četiri mjeseca.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis

Institucija: IRB

Naslov teme: T-duality in string theory

Sadržaj teme:

String theory possesses new types of symmetries, which are absent in field theory. One of the most prominent such symmetries is T-duality, which relates different geometries that a closed string may experience when it propagates in compact dimensions. Within this project, the student will learn the basics of T-duality and show that it is indeed a symmetry for the spectrum of closed strings. Using gauge theory for non-linear sigma models, the celebrated Buscher rules that relate two T-dual string backgrounds will be derived and applied in specific examples. This will reveal the existence of unconventional geometries that can be probed by closed strings, such as non-geometric flux backgrounds, which is currently a topic at the forefront of string theory research.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis

Institucija: IRB

Naslov teme: Newton-Cartan gravity

Sadržaj teme:

Newton-Cartan gravity is a geometric formulation of Newtonian gravity with several applications in recent years, ranging from condensed matter physics to holography and string theory. In this project the student will first study the construction of Newton-Cartan gravity without torsion, using two complementary techniques: the gauging of the Bargmann algebra and null-reduction of general relativity. In a second part, the extension to torsional non-relativistic gravity will be considered, by gauging the Schroedinger algebra and null-reducing conformal gravity. This project will allow the student to learn techniques from gauge theory and dimensional reduction, and gain familiarity with cutting-edge research in non-relativistic gravity and its applications.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marko-Tomislav Cvitaš

Institucija: IRB

Naslov teme: Metoda instantona za određivanje brzina tunelirajućih procesa u molekulskim sustavima

Sadržaj teme:

Numeričke simulacije kvantne dinamike (jezgara) u molekulskim sustavima većim od svega nekoliko atoma su prezahtjevne, zbog čega se pribjegava aproksimativnim metodama. Jedna od takvih je instanton metoda čija numerička primjena u kemijskim sustavima se znatno raširila u proteklih nekoliko godina. U instanton metodi, observable se određuju iz particijske funkcije, kojoj se računa dominantni doprinos koji proizlazi od staze s minimalnom euklidskom akcijom (u pristupu baziranom na integralu po stazama). Nedavno smo osmislili izuzetno efikasnu numeričku metodu za račun instantona na $T = 0$ K (J. Chem. Theory Comput. 141, 024101, 2016 & JCTC, prihvaćen u 2018) koja time proširuje spektar njene primjene.

Moguće teme za diplomski rad su: 1) Modifikacija gornjeg algoritma na izračun brzina kemijskih reakcija koje se odvijaju tuneliranjem, tj. proširenje algoritma na $T > 0$ K. 2) Integracija programa s ab-initio računskim metodama za izračun (elektronskog) potencijala u molekulskim sustavima. 3) Primjena metode u mikrokanonskom (umjesto standardne u kanonskom) ansamblu, te na (elektronski) neadijabatske procese.

Svaka od tema uključuje primjenu numeričke metode na nekoliko realističnih sustava od kemijskog interesa. Potrebna znanja su osnove kvantne mehanike, statističke fizike i programiranja, koja će se prilikom izrade rada proširiti i primijeniti na konkretni problem.

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

Mentor: dr. sc. Vito Despoja

Institucija: PMF

Naslov teme: Optička svojstva jednoslojnih dihalogenida prijelaznih metala

Sadržaj teme:

Ovaj diplomski rad sastoji se od teorijske simulacije (iz prvih principa) optičkih svojstava dihalogenida prijelaznih metala poput MoS₂, MoTe₂, WS₂, itd. Student u prvoj fazi diplomskog rada mora izračunati elektronsku strukturu osnovnog stanja koja se sastoji od računanja Kohn-Sham (KS) valnih funkcija i energija (vrpčaste strukture). U drugoj fazi student pomoću KS valnih funkcija i energija računa optički apsorpcijski spektar promatranog 2D kristala. Također, cilj ovog diplomskog rada je da se studenta osposobi kako se koristiti nekim od postojećih DFT paketa za izračun realistične elektronske i kristalne strukture.

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

Mentor: dr. sc. Vito Despoja

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektronska struktura i stabilnost alkalijskim metalima interkaliranog grafena

Sadržaj teme:

Ovaj diplomski rad sastoji se od teorijske simulacije (iz prvih principa) elektronske stukture osnovnog stanja grafena koji je interkaliran alkalijskim metalima, poput dvoatomnih slojeva LiC₂, LiC₆, KC₆, CsC₈, itd. Osnovna ideja je da se teorijski predvidi da li je kristalna struktura pojedinog grafenskog interkalata energijski stabilna i koja je kristalna struktura najstabilnija. Nakon toga potrebno je detaljno istražiti vrpčastu strukturu, gustoću stanja i lokalnu gustoću stanja (STM simulacija) najstabilnije strukture. Drugi bitan cilj ovog diplomskog rada je da se studenta osposobi kako se koristiti nekim od postojećih DFT paketa za izračun realistične elektronske i kristalne strukture.

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

Mentor: dr. sc. Dinko Ferenček

Institucija: IRB

Naslov teme: Optimizacija algoritma za identifikaciju hadronskih mlazova nastalih raspadom ultrarelativističkih Higgsovih bozona u dva b kvarka korištenjem metoda dubokog učenja

Sadržaj teme:

Veliki dio programa istraživanja na Velikom hadronskom sudarivaču oslanja se na uspješnu identifikaciju mlazova nastalih hadronizacijom b kvarkova, tzv. b označavanje (engl. b tagging). To je vezano uz činjenicu da treća generacija kvarkova igra važnu ulogu unutar Standardnog modela, ali i u mnogim modelima fizike izvan Standardnog modela. Nedavno otkriće bozona na masi od oko 125 GeV konzistentnog s Higgsovim bozonom Standardnog modela otvara nove mogućnosti u potrazi za fizikom izvan Standardnog modela. Naime, Standardni model predviđa kao dominantni kanal raspada Higgsovog bozona raspad u par b kvarka i antikvarka. Pored toga razumno je pretpostaviti da novootkriveni bozon interagira s česticama izvan Standardnog modela, ukoliko one postoje, te bi se mogao pojaviti kao produkt njihovih raspada. S druge strane postojeće granice na mase novih čestica ukazuju da bi one trebale biti teške, što implicira da bi se Higgsov bozon, kao produkt njihovih raspada, javljao s visokom količinom gibanja. Drugim riječima, javljao bi se kao ultrarelativistička čestica. U takvom režimu produkti raspada Higgsovog bozona bili bi kolimirani te bi se njihov eksperimentalni potpis sastojao od jednog šireg hadronskog mlaza sastavljenog od dva djelomično preklapajuća podmlaza. Takav karakterističan eksperimentalni potpis može se iskoristiti za razvoj algoritama za identificiranje tzv. boostiranih (engl. boosted) Higgsovih bozona kao svojevrsne ekstenzije postojećih algoritama za identifikaciju b mlazova. Razvoj takvih algoritama omogućio bi da novootkriveni bozon i sam postane alat u potrazi za novim otkrićima.

Algoritmi za identifikaciju b mlazova nastoje razlučiti hadronske mlazove nastale od b kvarkova od onih nastalih od drugih vrsta kvarkova i gluona. Za to se koriste karakteristična svojstva b hadrona, njihovo relativno dugo vrijeme poluživota, velika masa te visoki omjer grananja za kanale raspada s prisutnim leptonima. CMS detektor sa svojim silicijskim detektorom tragova odlikuje se izvrsnim svojstvima u pogledu identifikacije b mlazova. Tu je od posebne važnosti silicijski piksel detektor, dio detektora tragova najbliži točki sudara protonskih snopova.

Cilj ovog diplomskog rada je optimizacija algoritma za identifikaciju hadronskih mlazova nastalih raspadom ultrarelativističkih Higgsovih bozona u dva b kvarka temeljenom na tzv. metodama dubokog učenja (engl. deep learning). Rad bi uključivao korištenje modernih softverskih alata za strojno učenje i njihovo pokretanje na grafičkim karticama s podrškom za CUDA arhitekturu za paralelno računanje. Naglasak će posebice biti na optimizaciji algoritma u odnosu na pozadinu koja proizlazi iz hadronskih raspada top kvarkova.

Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati s modernim metodama analize podataka prikupljenih na Velikom hadronskom sudarivaču te će se također uključiti u rad kolaboracije CMS, velike međunarodne znanstvene kolaboracije na samoj fronti istraživanja u fizici elementarnih čestica. Poželjno je osnovno poznavanje programskih jezika C/C++ i/ili Python te dobro vladanje engleskim jezikom.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Andreja Gajović

Institucija: IRB

Naslov teme: Utjecaj morfologije, strukture i modifikacija površine cink-oksidnih nanoštapića na njihova funkcionalna svojstva

Sadržaj teme:

ZnO se pokazao kao odlična izbor za primjenu u perovskitnim fotonaponskim ćelijama u svojstvu sloja za vođenje elektrona (npr. Adv. Mater. 2017, 1703737), zbog znatno veće mobilnosti elektrona od do sada korištenih materijala. Međutim, pokazuje se potreba za modifikacijom njegove površine kako bi se popravila efikasnost i stabilnost fotonaponskih ćelija (npr. Adv. Mater. 2018, 1705596). U diplomskom radu će se istraživati struktura i morfologija ZnO nanoštapića, te utjecaj modifikacije njihove površine na strukturalna i njihova funkcionalna svojstva. ZnO nanoštapići se uspješno sintetiziraju u našem laboratoriju i potpuno su vezani za vodljivo staklo. U diplomskom radu će se površina ZnO modificirati grijanjem u reduktivnoj i oksidativnoj atmosferi te će se istražiti mogućnost modifikacije nanošenjem sloja barijevog titanata. Primjenom Ramanove spektroskopije i pretražne elektronske mikroskopije će se istražiti utjecaj modifikacije na strukturu i morfologiju ZnO nanoštapića. Kako bi se utvrdila osnovna funkcionalna svojstva od ključne važnosti za primjenu ovih nanostrukture u fotonaponskim ćelijama, istraživat će se optička i električna svojstva pripremljenih nanoštapića, te utjecaj sloja BaTiO₃. U skladu s dobivenim rezultatima će se optimizirati parametri modifikacije površine ZnO. Diplomand će se upoznati s eksperimentalnim osnovama i teorijskom podlogom Ramanove spektroskopije i pretražne elektronske mikroskopije za karakterizaciju strukture i morfologije, dok će za funkcionalna svojstva koristiti UV-Vis spektroskopiju i električna mjerenja. Analizu dobivenih podataka će izvoditi uz primjenu različitih specifičnih programskih paketa. Uvod u problematiku će se dobiti proučavanjem dostupne literature, a rezultati diplomskog rada će se ukopiti i kombinirati s rezultatima postojećih projekata te će, po mogućnosti, postati dio znanstvene publikacije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Andreja Gajović

Institucija: IRB

Naslov teme: TiO₂ nanocjevčice za fotonaponske ćelije

Sadržaj teme:

TiO₂ nanocjevčice (i općenito TiO₂ nanostrukture) predstavljaju jedinstvenu kombinaciju strukturnih, fizičkih i kemijskih svojstava. Velika specifična površina, poluvodička svojstva ($E_g=3,2$ eV za TiO₂ anatas, 3,02 eV za TiO₂ rutil) u kombinaciji s dobrim interkaliranjem i ionskom izmjenom daju im svojstava koja su pogodna za primjenu u pretvorbi sunčane energije. U diplomskom radu će se nizovi TiO₂ nanocjevčica pripremljati anodizacijom tankog sloja titana (1-2 mikrometra) nanesenog na vodljivu prozirnú podlogu te će se naknadno njihova površina modificirati za primjenu kao sloj za transport elektrona u bojom senzitiviranim fotonaponskim ćelijama (DSSC). Modifikacija će se izvoditi s ciljem utjecaja na efikasnost ćelije i to procesiranjem u plazmi, grijanjem u reduktivnoj atmosferi ili raznim kemijskim postupcima. Za istraživanje strukture tankog sloja će se primjenjivati Ramanova spektroskopija u mikro-Raman konfiguraciji, a za određivanje morfoloških svojstava pretražna elektronska mikroskopija (SEM). Pripremljeni slojevi na vodljivom staklu (elektrodi) će se sataviti u jednostavne DSSC, te će se izmjeriti i usporediti njihove strujno naponske karakteristike. Istražit će se utjecaj strukture, morfologije i modifikacije površine na efikasnost fotonaponskih ćelije. Diplomand će se upoznati s eksperimentalnim osnovama i teorijskom podlogom Ramanove spektroskopije, elektronske mikroskopije, a analizu dobivenih podataka će izvoditi uz primjenu različitih specifičnih programskih paketa. Tijekom rada će se diplomand također upoznati s osnovama rada DSSC fotonaponskih ćelija. Uvod u problematiku će se dobiti proučavanjem dostupne literature, a rezultati diplomskog rada će se ukopiti i kombinirati s rezultatima postojećih projekata te će, po mogućnosti, postati dio znanstvene publikacije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mihael Grbić

Institucija: PMF

Naslov teme: Stanje teškog fermiona u Ce₃Pd₂₀Si₆

Sadržaj teme:

Ce₃Pd₂₀Si₆ (CPS) je intermetalni spoj iz sustava teških fermiona s najvećom efektivnom masom elektrona i dva neekvivalentna cerijeva iona koji uzrokuju dvije energije hibridizacije. Pored toga, pri niskim temperaturama razvijaju se antiferomagnetsko i antiferokvadrupolarno uređenje koja se potiskuju vanjskim magnetskim poljem. Za potiskivanje magnetskog reda je predloženo da se odvija naglo putem tzv. procesa "Kondo raspada", kad elektronska hibridizacija naglo prestaje na određenoj jakosti magnetskog polja. Međutim, nije jasno što bi ga uzrokovalo jer bi se on trebao javljati pri jakim kvantnim fluktuacijama koje se javljaju u sustavima s reduciranom dimenzijom, dok je CPS kubični sustav. Cilj istraživanja je proučiti početno razvijanje hibridizacije, tj. stanja teškog fermiona promatranjem NQR signala ¹⁰⁵Pd.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mihael Grbić

Institucija: PMF

Naslov teme: Potraga za novom magnetskom fazom u CuO

Sadržaj teme:

Bakrov(II) oksid (CuO) je odavno poznat kao izolator s dvije magnetske faze: niskotemperaturna antiferomagnetska komenzurabilna kolinearna faza ($T_{N1}=213$ K) i visokotemperaturna antiferomagnetska nekomenzurabilna spiralna faza ($T_{N2}=230$ K). Povećani interes za ovim spojem je nastao kad se ustanovilo da je spiralna faza također i feroelektrična. Nedavna ultrazvučna mjerenja brzine zvuka su otkrila da se prije nastupanja spiralne faze, u uskom temperaturnom području javlja i treća antiferomagnetska faza čije porijeklo niti struktura nije poznata. Namjeravamo proučiti CuO sustav i tražiti trag postojanja nove faze metodom nuklearne kvadrupolne i magnetske rezonancije (NQR/NMR).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Jaakko Juhana Harkonen

Institucija: IRB

Naslov teme: Transient Current Technique (TCT) Characterization of high energy photon irradiated silicon detectors

Sadržaj teme:

Ionizing radiation causes irreversible crystallographic defects in the silicon (Si) material thus inducing generation-recombination centres that in turn result to increased detector leakage current. Additionally, the defects compensate the initial space charge of the n-type silicon created by the donor doping, which leads to elevated depletion voltages. Widely used method to characterize radiation effects in semiconductor detectors is the Transient Current Technique method (TCT). With TCT, it is possible to determine several device parameters including full depletion voltage (V_{fd}), the sign of the space charge in the device bulk and effective trapping time. In the TCT measurement, the sample is illuminated with short laser pulse that creates electron hole pairs within the few micrometers from the surface. The charge carriers are separated in the electric field and the ones drifting through the whole detector bulk are measured. Whether electron or hole current is detected by a data acquisition (DAQ), depends on whether back or front contact is illuminated and on type of the silicon detector (n+ implant on p-type Si, or p+ implant on n-type Si). The project will be performed through the Ruđer Bošković Institute Horizon 2020 project PaRaDeSeC (Particle and Radiation Detectors, Sensors and Electronics in Croatia) which employs five senior scientists having long-term experience in different semiconductor detector technologies. The objective of the Master's Thesis project is to study photon radiation effects in silicon detectors by TCT method. The Si detectors to be used in this study have been designed by PaRaDeSeC group and have been fabricated in Micronova Nanofabrication Center in Espoo, Finland. The detectors will be first irradiated at the ^{60}Co facility of RBI. The irradiation will be followed by TCT characterization, data analysis and results interpretation.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mirta Herak

Institucija: IFS

Naslov teme: Magnetska anizotropija u nekonvencionalnim magnetskim materijalima

Sadržaj teme:

Proučavanje magnetskih materijala usko je vezano uz brojne postojeće i potencijalne primjene tih materijala te njihovu važnost za razvoj novih tehnologija. Konvencionalni magneti poput onih koje stavljamo na naše hladnjake su feromagnetni materijali u kojima su magnetski momenti nesparenih elektrona međusobno paralelno orijentirani dajući tom materijalu konačnu magnetizaciju. Međutim, puno češće se u materijalima javljaju drukčiji oblici magnetizma, poput antiferomagnetizma gdje su magnetski momenti međusobno antiparalelno orijentirani te materijal nema konačne magnetizacije. Nekonvencionalni magneti su magnetski materijali u kojima međudjelovanje magnetskih momenata vodi na egzotična stanja materije, najčešće pri niskim temperaturama (puno nižim od sobne). Neka od tih egzotičnih stanja su nemagnetska, poput npr. kvantne spinske tekućine, a druga su pak egzotična magnetska uređenja koja za posljedicu mogu imati spontani nastanak konačne električne polarizacije što čini takve materijale posebnom klasom magneta koje nazivamo multiferoici. Razumijevanje svih faktora koji dovode neki materijal do određenog magnetskog stanja bitno je za potencijalno krojenje materijala sa željenim svojstvima u budućnosti. Osim dimenzionalnosti magnetske rešetke i prisustva frustracije, jedno od najvažnijih svojstava koje utječe na magnetsko uređenje je magnetska anizotropija. Magnetska anizotropija opisuje svojstvo materijala da ga se lakše magnetizira u nekom preferiranom smjeru. U magnetski uređenom sustavu orijentacija magnetskih momenata u prostoru određena je upravo magnetskom anizotropijom tog sustava. Tema diplomskog rada je eksperimentalno istraživanje makroskopske magnetske anizotropije jednog od nekoliko nekonvencionalnih magneta i magnetoelektrika koje trenutno proučavamo u našem laboratoriju. Magnetska anizotropija proučavat će se eksperimentalnom metodom mjerenja magnetskog momenta sile u širokom temperaturnom području (2K - 300K) i magnetskom polju od 0-5 T. Kroz izradu diplomskog rada student će se upoznati s osnovama magnetizma te će kroz sudjelovanje u eksperimentima steći iskustvo u magnetskim mjerenjima pri niskim temperaturama i u visokim magnetskim poljima. Svrha diplomskog rada je stjecanje dodatnih znanja i vještina u području eksperimentalnog magnetizma koja nisu pokrivena diplomskim studijem, te stvaranje dobrih temelja za daljnje bavljenje magnetizmom i eksperimentalnom fizikom čvrstog stanja. Tema je pogodna za izradu više diplomskih radova. Diplomski rad bit će izrađen na Institutu za fiziku uz potporu HRZZ uspostavnog projekta UIP-2014-09-9775 uz čiju temu je rad vezan.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Rani signali faznog prijelaza

Sadržaj teme:

Mnogi složeni sustavi imaju prijelomnu točku u kojoj sustav naglo prelazi iz jednog stanja u drugo. Primjeri se mogu naći u raznim granama znanosti, od naglih klimatskih promjena, do kraha burze u ekonomiji i epilepsije u medicini. Takvi prijelazi su često teško predvidljivi. U ovom diplomskom radu obraditi će se rani signali kritičnih prijelaza u vremenskim serijama i njihov prediktivni doseg.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Kolektivna dinamika fizioloških signala

Sadržaj teme:

Mnogi kompleksni sustavi dio su većih sustava s kojima nužno međudjeluju što dovodi do pojave tzv. "kolektivnih modova". Stohastička interakcija među povezanim sustavima ogleda se u prisutnosti kroskorelacija. U ovom radu razmatrat će se kroskorelacije s vremenskim pomakom na setu fizioloških podataka (snimka aktivnosti pojedinih neurona) i istražiti postojanje svojstava neovisnih o vremenskoj skali. Navedene empirijske vremenske serije analizirat će se dodatno korištenjem teorije slučajnih matrica. Tema spada u područje biofizike.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Levyjev let

Sadržaj teme:

Levyjev let je proces koji opisuje slučajan hod kod kojeg duljine koraka imaju teškorepu (eng. Heavy-tailed) razdiobu vjerojatnosti. Teškorepa razdioba jest razdioba vjerojatnosti čiji krajevi nisu eksponencijalno omeđeni, što znači da je vjerojatnost za krajnje vrijednosti puno veća nego kod normalne razdiobe. Tako opisani proces ima široku primjenu u prirodnim znanostima, a u ovom diplomskom radu bit će primijenjen na analizu dinamike vremenskih serija.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Dinamika fizioloških signala

Sadržaj teme:

Električni signali proizvedeni u ljudskom organizmu (EKG, EEG, CTG) danas su dio standardne medicinske dijagnostike. No, fizikalni potpis uzroka tih signala ima veći doseg od onog koji se koristi trenutno. Ideja diplomskog rada je istražiti potencijal varijabli izvedenih iz analize vremenskih serija navedenih fizioloških potpisa.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Milko Jakšić

Institucija: IRB

Naslov teme: Tvorba defekata u poluvodičkim detektorima ozračivanjem fokusiranim ionskim snopovima različitih karakteristika

Sadržaj teme:

Zračenje poluvodičkih materijala brzim ionima nužno proizvodi defekte u kristalnoj strukturi u vidu vakancija i intersticija. Najveća gustoća defekata se opaža pri kraju dosega brzog iona u materijalu, jer na nižim energijama nuklearna komponenta zaustavne moći dominira. Kod zaustavljanja teških iona gustoća raspršenja je posebno velika, te se stvaraju čitave kaskade sudara koje pak vode do stvaranja nizova vrlo lokaliziranih područja defekata. Iako je sam proces termalizacije kaskada dobro poznat i dešava se u vremenima manjim od ps, slabo su proučavani efekti koji se dešavaju na duljoj skali vremena (ms), ref. 1. Naime, unutar tih lokaliziranih područja s visokim koncentracijama defekata može doći do rekombinacije ili formiranja kompleksnih defekata. Jedan od mogućih načina proučavanja ovih procesa se bazira na zračenju detektora u različitim uvjetima, mijenjajući vrste iona, gustoću struje, vrijeme pulsiranja snopa, itd. U sklopu izrade ovog diplomskog rada odabrat će se najpogodniji protokol zračenja detektora, promjenama nekog od glavnih parametara fokusiranog ionskog snopa. Proučavat će se dobro karakterizirane silicijske PIN diode, imajući na umu da bi se istim protokolom mogli proučavati i drugi detektorski materijali (npr SiC i dijamant). Efekti zračenja će se kvantitativno izmjeriti putem IBIC (Ion Beam Induced Charge) metode, uspoređujući ih s predviđanjima modela, te rezultatima eksperimenata drugih autora. Ref. 1. M. T. Myers, S. Charnvanichborikarn, L. Shao, and S. O. Kucheyev, Pulsed Ion Beam Measurement of the Time Constant of Dynamic Annealing in Si, Phys. Rev. Lett. 109 (2012) 095502

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Vlastito gibanje filameta ionizirane međuzvjezdane materije detektirane pomoću LOFAR radio teleskopa

Sadržaj teme:

Međuzvjezdana materija u našoj galaksiji sastoji se od mješavine plinova različitih temperatura i faza, te je prožeta magnetskim poljima. Može se proučavati na radio frekvencijama analizom sinhrotronskog zračenja i njegove polarizacije. Nedavna LOFARova (eng. Low Frequency Array) opažanja polja otkrila su nekoliko stupnjeva dugačak i vrlo ravni filament ionizirane međuzvjezdane materije. Detektirani filament odmiče pozadinsko sinhrotronsko zračenje u prostoru Faraday dubine, te se najvjerojatnije nalazi unutar lokalnog ioniziranog mjehurića, tj. unutar 200 pc od nas. Ovaj rad fokusirat će se na određivanje vlastite brzine gibanja filameta, analizom LOFARovih opažanja odmaknutih i do pet godina.

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

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Polarizirano zračenje radio galaksija na niskim radio frekvencijama

Sadržaj teme:

Polarizirano sinhrotronsko zračenje radio galaksija, najčešće se povezuje s aktivnim galaktičkim jezgrama, tj. procesima akrecije materije na supermasivne crne rupe u središtima galaksija. Pri akreciji veći dio potencijalne i kinetičke energije se pretvara u zračenje, te se mogu stvoriti relativistički mlazovi materije koji su obično orijentirani duž osi rotacije. Prisutnost relativno jakih magnetskih polja i relativističkih čestica objašnjava emisiju sinhrotronskog zračenja, kojeg istražujemo opažanjima u radio dijelu elektromagnetskog spektra. Ovaj rad će se fokusirati na analizu polariziranog zračenja radio galaksija detektiranih pomoću radio teleskopa LOFAR (eng. Low Frequency Array) u 3C196 polju, a uključivat će određivanje njihove Faraday dubine, postotka udjela polariziranog zračenja, te usporedbu s opažanjima na drugim radio frekvencijama.

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

Mentor: dr. sc. Larisa Jonke

Institucija: IRB

Naslov teme: Baždarne teorije višeg reda

Sadržaj teme:

Baždarne teorije predstavljaju temelj za opis međudjelovanja materije. Uobičajena Yang-Millsova teorija zasnovana je na vezanju polja materije s baždarnim poljem koje matematički opisujemo jedanformom koja poprima vrijednosti u Lievoj algebri. Moderne fizikalne teorije poput teorije struna uključuju i baždarna polja višeg reda, na primjer 2-forme i pripadne jakosti polja 3-forme. Konzistentan opis viših baždarnih teorija s uključenim međudjelovanjem vodi na uvođenje viših simetrija zasnovanih na Lie beskonačno-algebrama, čiju važnost u fizici tek počinjemo razumijevati. (M. Grutzmann, T. Strobl, <https://arxiv.org/abs/1407.6759>)

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Krunoslav Jurać

Institucija: IRB

Naslov teme: Tanki filmovi barij titanata pripremljeni magnetronskim rasprašenjem za primjenu u solarnim ćelijama

Sadržaj teme:

BaTiO₃ pripada skupini tzv. oksidnih perovskita. To su su keramički materijali koji sadrže titan, kisik i barem jedan dodatni metal kao npr. Sr, Ba, Ca. Zbog dobrih feroelektričnih i piezoelektričnih svojstava imaju potencijalnu primjenu u elektronici (kondenzatorima, mikrofonima, uređajima za digitalnu pohranu podataka i sl.). Među njima, barij titanat, pored dobrih feroelektričnih svojstava ima i dobra optička svojstva. Tako, tanki filmovi BaTiO₃ sa perovskitnom strukturom imaju potencijalnu primjenu u fotovoltaičima. Nedavno je BaTiO₃ u formi tankog filma (kao čisti materijal ili kao kompozit s TiO₂) npr. korišten kao elektroda u solarnim ćelijama s organskom bojom (DSSC). BaTiO₃ je poluvodič n tipa s nešto širim energijskim procijepom nego TiO₂. Zbog toga DSSC u kojima se koristi BaTiO₃ daju veću vrijednost napona otvorenog kruga u odnosu na čisti TiO₂. BaTiO₃ se može pripremiti s kemijskim metodama (hidroliza, hidrotermalno, sol-gel procesiranje...) ali i fizikalnim metodama kao što su laserska ablacija, sprej piroliza i magnetronsko rasprašenje. Magnetronsko rasprašenje je jedna od opće-prihvaćenih fizikalnih metoda za pripremu tankih filmova. Metoda se zasniva na procesu bombardiranja mete (katode) pozitivnim ionima radnog plina iz plazme. Tako izbijeni atomi mete formiraju sloj materijala na podlozi postavljenoj nasuprot mete. Izborom materijala od kojeg je napravljena meta ovom metodom se mogu pripremiti tanki filmovi metala, oksida, poluvodiča i keramika. U ovom radu metodom magnetronskog rasprašenja bit će pripremljeni tanki filmovi BaTiO₃. Parametri pripreme će biti optimizirani u svrhu dobivanja slojeva pogodnih optičkih i električnih svojstava za primjenu u solarnim ćelijama. Istražit će se veza strukture dobivenih slojeva s optičkim i električnim svojstvima. Tijekom izrade diplomskog rada diplomand će se upoznati s radom magnetronskog sustava za depoziciju tankih filmova, te metodama za karakterizaciju strukturnih (XRD, SEM, Raman), električnih (mjerjenje vodljivosti, impedancijska spektroskopija) i optičkih (UV-VIS transmitancija/reflektancija) svojstava tankih filmova.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Krunoslav Jurać

Institucija: IRB

Naslov teme: Utjecaj dopiranja TiO₂ sloja rijetkim zemljama na efikasnost solarnih ćelija s organskom bojom

Sadržaj teme:

Solarne ćelije kao jedan od obnovljivih izvora energije posljednjih desetljeća privlače sve veću pozornost. Kao aktivni materijal za direktnu pretvorbu energije sunca u električnu energiju najprije je korišten kristalni i polikristalni silicij (prva generacija solarnih ćelija). Nakon toga daljnji razvoj je išao u smjeru snižavanja troškova proizvodnje upotrebom tankih filmova kao što je npr. amorfni silicij (druga generacija solarnih ćelija). Treća generacija solarnih ćelija obuhvaća dvostruke solarne ćelije kao i upotrebu novih materijala: kvantne točke, polimeri, perovskiti i organske boje. Solarne ćelije s organskim bojama (eng. Dye-Sensitized Solar Cells, DSSC) su prije 20 godina predstavljene kao moguća alternativa standardnim silicijskim solarnim ćelijama zbog jednostavne strukture i niskih troškova izrade ali s relativno niskom efikasnošću, <10% (O'Regan i Grätzel). Od tada znanstvenici pokušavaju poboljšati njihovu efikasnost i stabilnost kako bi postale kompetitivne silicijevim. Standardna DSSC sastoji se od fotoanode (staklo s prozirnim vodljivim oksidom, FTO, ITO), poroznog sloja TiO₂ koji sudjeluje u prijenosu elektrona, sloja organske boje na površini poroznog oksidnog sloja i katode (ITO ili FTO staklena podloga s tankim slojem ugljika ili platine). Između dvije elektrode dodaje se i elektrolit. U ovom radu bit će istraživani utjecaj dopiranja poroznog TiO₂ sloja s elementima rijetkih zemalja (samarij, holmij, neodimij) na efikasnost DSSC. Tanki slojevi TiO₂ dopiranog s rijetkim zemljama bit će pripremljeni rakel-nožem (engl. doctor blade) tehnikom. Bit će istražena strukturna, optička i električna svojstva dopiranih slojeva. Na kraju će s tako pripremljenim slojevima biti sastavljene DSSC i izmjerene njihove strujno-naponske (I-V) karakteristike. Parametri solarnih ćelija bit će korelirani sa strukturnim i optičkim svojstvima dopiranih TiO₂ slojeva. Poseban naglasak bit će stavljen na utjecaj dopiranja atomima rijetkih zemalja. U okviru diplomskog rada diplomand će se upoznati sa tehnikom pripremom TiO₂ slojeva rakel-nožem, strukturnom karakterizacijom Ramanovom spektroskopijom i elektronskom mikroskopijom, mjerenjem i analizom optičkih svojstava dobivenih slojeva UV-VIS spektroskopijom, osnovnim principom rada solarnih ćelija, njihovim sastavljanjem i karakterizacijom njihove kvalitete (mjerenje I-V karakteristike).

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Marko Karlušić

Institucija: IRB

Naslov teme: Tragovi brzih teških iona u polimerima

Sadržaj teme:

Prolaskom brzog teškog iona kroz materijal, formira se nanometarsko oštećenje duž njegove putanje koje se naziva ionski trag. Istraživanja ionskih tragova u polimerima su važna i zbog primjena. Ionskim zračenjem se tanki polimerni filmovi mogu probušiti i na taj način se danas proizvode nanomembrane (Q. Wen et al., Highly Selective Ionic Transport through Subnanometer Pores in Polymer Films, *Advanced Functional Materials* 26 (2016) 5796). U sklopu našeg projekta NU-TEGRAM (<https://www.uni-due.de/physik/schleberger/nutegram>), tanki polimerni film služi kao podloga za grafen, te se ionskim zračenjem proizvode nanometarske pore u grafen-polimer kompozitu (L. Madaus et al., Fabrication of nanoporous graphene/polymer composite membranes, *Nanoscale* 9 (2017) 10487).

Cilj ovog diplomskog rada je usporediti predviđanja modela termalnog vala s eksperimentalnim podacima dostupnim u literaturi o ionskim tragovima u različitim polimerima. Konkretno, preliminarna istraživanja (G.Szenes, *Nucl. Instr. Meth. B* 155 (1999) 301; *Nucl. Instr. Meth. B* 166 (2000) 933) bi se proširila na analizu eksperimentalnih radova kasnijih godina, sa fokusom na najčešće korištenim polimerima.

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

Mentor: dr. sc. Marko Karlušić

Institucija: IRB

Naslov teme: Utjecaj međuzvjezdane materije na mikrosondu tijekom puta do Alfa Centauri

Sadržaj teme:

Inicijativa Breakthrough Starshot ima za cilj poslati mikrosondu do nama najbližeg zvijezdanog sustava Alfa Centauri. Koristeći tehnologiju 100 GW lasera, mikrosonda bi uz pomoć svjetlosnog jedra postigla brzinu od 20% brzine svjetlosti, što bi joj omogućilo da dođe do cilja unutar 20 godina (M. Zeeya, *Science* 352 (2016) 1040).

Cilj diplomskog rada je istražiti utjecaj međuzvjezdane materije na mikrosondu. Unatoč maloj koncentraciji atoma u međuzvjezdanom prostoru (1 atom/cm³), relativistički sudari utječu na material od kojeg je mikrosonda napravljena. Zato je potrebno ispitati može li mikrosonda uopće preživjeti ovako daleki put koristeći poznate modele interakcija između iona MeV-GeV energija i materijala od interesa (M. Karlušić, <https://arxiv.org/abs/1701.04319>)

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

Mentor: dr. sc. Ivan Kokanović

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetska i supravodljiva svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ monokristala

Sadržaj teme:

Pojava visokotemperaturne supravodljivosti, VTS, pokazala se jednom vrlo interesantnom fizikalnom pojavom, za koju unatoč velikim naporima znanstvene zajednice u razumjevanju fizikalne pozadine same pojave ni nakon gotovo više od 30 godina istraživanja još uvijek nije nađeno cijelovoto rješenje. Najveći problem u razumjevanju VTS predstavlja kompleksnost materijala, i vrlo složeni fazni dijagram. Tako u faznom dijagramu imamo prisutnost antiferomagnezne faze za koncentracije kisika $X=0$ te s povećanjem koncentracije kisika uz magnetsko uređenje javlja se supravodljiva faza, jaka elektronska međudjelovanja, pojava tzv. pseudoprocijepa, isčezavanje pseudo potencijala s maksimalnom temperaturom supravodljivog prijelaza, T_c , da bi na kraju povećanje koncentracije kisika $X=1$ dovelo do sniženja T_c . U okviru rada student će istražiti utjecaj uređenja kisika na magnetska i supravodljiva svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ ($0.35 < x < 0.7$) monokristala i upoznati tehnike sinteze $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Ivan Kokanović

Institucija: PMF

Naslov teme: Temperaturna i magnetska ovisnost električne vodljivosti PANI-HCl i PANI-DBSA uzoraka tankih filmova

Sadržaj teme:

Student će u okviru teme raditi na problemu sinteze tankih filmova vodljivog polianilina. Istražit će se metode dobivanja homogenih otopina PANI-HCl, PANI-DBSA, pogodnih za depoziciju tankih filmova da se dobiju uzorci u obliku pogodnom za eksperimentalno istraživanje tj. za mjerenje električne vodljivosti. Pozornost će biti usmjerena na razumjevanje kako dopant i otapalo utječu na električnu vodljivost PANI-HCl i PANI-DBSA tankih filmova, tj. kako se može proizvesti procesibilni materijal sa željenim vodljivim svojstvima. Istražit će se temeljna svojstva električnog transporta kako bi se moglo razumjeti detalje transporta naboja u tankim filmovima vodljivog polianilina.

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

Mentor: dr. sc. Ivan Kokanović

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektronska struktura 3D Cd₃As₂ Diracovog polumetala

Sadržaj teme:

Trodimenzionalni (3D) topološki Diracov polumetal Cd₃As₂ je topološka faza materije koja je 3D analogon grafena s linearnom disperzijom vrpce u 3D prostoru impulsa. U 3D topološkim polumetalima, vodljiva i valentna vrpca križaju se u diskretnim (Diracovim) točkama u Brillouinovoj zoni te posjeduju linearnu disperziju u svim smjerovima oko tih kritičnih točaka. U okviru predloženog rada će se izvršiti sinteza Cd₃As₂ topološkog polumetala u modificiranoj dvozonskoj peći metodom depozicije iz plinovite faze, te će se izvršiti mjerenja magnetootpornosti i magnetizacije sintetiziranih monokristala male koncentracije naboja. Parametri Fermijeve plohe će se odrediti iz rezultata mjerenja kvantnih oscilacija. Zbog posebne metode sinteze koja omogućuje pomicanje položaja Fermijevog nivoa, ovi će rezultati pomoći boljem razumijevanju elektronske strukture Diracovog polumetala Cd₃As₂, a i nove mogućnosti u primjeni 3D Diracovih materijala.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Marko Kralj

Institucija: IFS

Naslov teme: Sinteza heterostruktura naprednih 2D materijala

Sadržaj teme:

U području istraživanja novih (nano)materijala u posljednjim godinama istaknutu ulogu imaju revolucionarni dvodimenzionalni (2D) materijali, prvenstveno grafen, a potom i mnoštvo srodnih slojevitih 2D materijala, primjerice dihalogenidi prijelaznih metala (TMD). U slučaju TMD materijala, po svojim robusnim električkim, optičkim, mehaničkim, te katalitičkim svojstvima, ova se obitelj u 2D limitu drastično razlikuje od pripadnih volumnih analogija. Direktna energetska procjep, velika mobilnost nosioca naboja, spinsko cijepanje zbog Rashba efekta, valovi gustoće naboja (CDW) samo su neki od fizikalnih fenomena koje ove materijale čine zanimljivima u primjeni, ali i u kontekstu fundamentalnih koncepata fizike kondenzirane materije. Epitaksijalnim rastom vertikalnih van der Waalsovih (vdW) heterostruktura čije građevne jedinice mogu biti primjerice TMD, grafen ili heksagonalni borov nitrid (hBN), moguće je postići kontrolu nad električkim procjepom, što je od ključne važnosti za primjenu ovih materijala u optoelektronici. Veličina električkog procjepa ne sadrži ovisnost o tipu van der Waalsovih građevnih jedinica, već o njihovom međusobnom načinu slaganja te međusobnoj kristalnoj orijentaciji. Cilj ovog diplomskog rada jest ostvariti kontrolirani epitaksijalni rast TMD monoslojeva i vdW heterostruktura u uvjetima ultra visokog vakuuma. Student bi u sklopu ovog rada koristio eksperimentalne tehnike, i to skenirajuću tunelirajuću mikroskopiju (STM), difrakciju elektronima niskih energija (LEED) te kutno razlučivu fotoemisiju spektroskopiju (ARPES), koje bi se koristile za karakterizaciju rasta i svojstava sintetiziranih 2D materijala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marko Kralj

Institucija: IFS

Naslov teme: Mikroskopija na mikro i nano-skali i obrada slike

Sadržaj teme:

U ovom radu povezat će se optička mikroskopija (OM) i mikroskopija pretražnom probom, posebice mikroskopija atomskih sila (AFM), na analizi dinamike rasta i mikroskopske strukture i kvalitete dvodimenzionalnih (2D) materijala poput grafena ili dihalogenida prijelaznih metala. Student će naučiti eksperimentalne osnove i sudjelovati u provođenju eksperimenata upotrebom te dvije tehnike. Posebni naglasak u ovom radu biti će analiza OM i AFM slika upotrebom naprednog slobodnog softvera za obradu slika, kao i kodiranje dodatnih vlastitih kodova za analizu slika.

Dobra optička vidljivost atomski tankih materijala moguća je zahvaljujući interferencijskom efektu na pogodno odabranim podlogama. Iako je prostorno razlučivanje u OM ograničeno valnom duljinom vidljive svjetlosti, analizom OM slika moguće je razotkriti neke detalje na atomskoj razini, primjerice pomoću makroskopskog oblika 2D sloja moguće je utvrditi monokristaličnost 2D uzorka ili identificirati postojanje i preciznu poziciju granice kristalnih domena. Nadalje, pomoću AFM mikroskopije, moguće je razlučiti kvalitetu uzorka na nano skali u kontekstu potvrde monoslojnosti uzorka, ili pak različitih lokaliziranih nehomogenosti, pukotina, nabora, ili prisustva višeslojnih područja. U konačnici kombiniranu OM i AFM mikroskopija primijenjena na istim 2D uzorcima, omogućit će bolje razumijevanje strukture i kvalitete 2D materijala što je nužna početna informacija u razvoju primjena u elektronici, fotonici ili optoelektornici, koje se istražuju u sklopu znanstvenog centra izvrsnosti CEMS.

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

Mentor: dr. sc. Nikša Krstulović

Institucija: IFS

Naslov teme: Laserska sinteza dvokomponentnih i jezgra/ljuska nanočestica u tekućinama za primjenu u fotokatalizi.

Sadržaj teme:

Nanočestice se danas koriste na površinama i u volumenima kao funkcionalni elementi (npr. za unaprijeđenje učinkovitosti pohranjivanja energije), te kao bioaktivno sredstvo u biološkim mikro- i nano-sustavima (kao biomarkeri, u terapijske svrhe, za dostavu aktivnog sredstva u stanice, za dijagnostiku) te kao agenti koji pospješuju process fotokatalize u tekućinama. Učinkovitost primjene i razvoja ove klase materijala uvelike ovisi o čistoći samih nanočestica. Za razliku od klasičnih načina sinteze nanočestica (putem kemijskih metoda gdje je problem prisutnosti nečistoća koje dolaze od prekursora kemijskih reakcija i raznih aditiva, ili putem kondenzacije u plinskim fazama gdje je čest problem agregacije u mikroobjekte i slabe raspršenosti) laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica velike čistoće (nanočestice se sastoje samo od materijala mete). Laserska ablacija u tekućinama omogućuje sintezu nanočestica širokog spektra materijala (metali, polimeri, keramika, poluvodiči, slitine) što nije slučaj s klasičnim tehnikama. Nadalje, prednost je također što je eksperimentalni postav vrlo jednostavan, dok se sintetizirane nanočestice mogu dodatno tretirati laserskim pulsevima čime se postiže veće raspršenost u otopini, veća stabilnost, manja i uža raspodjela po veličinama, itd. U ovome radu naglasak će biti na metalnim oksidima i dvokomponentnim nanočesticama (mješavina dva metala ili poluvodiča), gdje će se dvokomponentne nanočestice sintetizirati pomoću istovremene ablacije dvije mete uronjene u tekućinu. Mete za dobivanje nanočestica za fotokatalizu također će se proizvoditi pomoću pulsne laserske depozicije. Karakterizacije će se vršiti pomoću klasične fotoapsorpcije u UV-VIS dijelu spektra, istaloženih filmova tehnikom refleksije X-zraka, po potrebi Raman spektroskopijom i fotoapsorpcijom X-zraka. Također će se uzorci karakterizirati optičkim mikroskopom, mikroskopom atomskih sila (AFM) kao i transmisijskim i skenirajućim elektronskim mikroskopom (TEM i SEM). Fotokataliza će se testirati na organskim otopinama pomoću vidljive i UV svjetlosti. 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). U smislu optimizacije, mjerenja će se vršiti nanosekundnim laserima s raznim valnim duljinama (308, 532 i 1064 nm), energijama, tokovima energija, itd.

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: Brzi scintilacijski detektori

Sadržaj teme:

U laboratoriju za nuklearnu fiziku ispitat će se utjecaj geometrije scintilacijskih kristala, kao i utjecaj refleksivnosti površina na vremensku razlučivost sustava od dva detektora. Pri tome će se koristiti BaF2 scintilatori i brze fotomultiplikatorske cijevi, uz očitavanje signala brzim digitalizatorima.

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

Mentor: dr. sc. Mihael Makek

Institucija: PMF

Naslov teme: Simulacija kompaktnog gama detektora

Sadržaj teme:

U Geant4 programskom paketu napraviti će se simulacija segmentiranog scintilacijskog detektora. Simulacija će uključivati geometrijski i fizikalni opis detektora i relevantnih fizikalnih procesa, a ima za cilj odrediti optimalnu konfiguraciju za razvoj kompaktnog gama detektora, koji bi se mogao koristiti u medicinskoj dijagnostici ili mjerenju radioaktivnosti iz okoliša.

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

Mentor: dr. sc. Mihael Makek

Institucija: PMF

Naslov teme: Razvoj i ispitivanje segmentiranih CeBr₃ scintilacijskih detektora

Sadržaj teme:

U laboratoriju za nuklearnu fiziku konstruirat će se segmentirani scintilacijski detektori od CeBr₃ materijala, koji je jedan od kandidata za novu generaciju uređaja za medicinsko oslikavanje. U sklopu diplomskog rada će se konstruirati zaštitno kućište detektora, odabrat će se i ispitati procedura hermetičkog zatvaranja detektora kako bi se spriječio utjecaj vlage, te će se u laboratoriju ispitati funkcionalnost detektora.

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

Mentor: dr. sc. Tomislav Marketin

Institucija: PMF

Naslov teme: Komparativna analiza postojećih modela mase

Sadržaj teme:

U nuklearnoj astrofizici se koriste kompleksne simulacije koje uzimaju u obzir komplicirana međudjelovanja i temelje se na velikim količinama podataka, dobivenih mjerenjima ili teorijskim modelima. Simulacija nukleosinteze teških elemenata je tipičan primjer jer se u obzir uzimaju svojstva osnovnog i pobuđenih stanja nekoliko tisuća konačnih jezgara od kojih većina nije viđena u laboratorijima. Neovisno o nuklearnoj fizici, konvergencija napretka u računarstvu i povećanja dostupnosti velikih količina podataka dovela je do razvoja metoda, alata i tehnika statističkog učenja, koje se mogu primjeniti u analizi fizikalnih problema. Cilj ovog diplomskog je primjena tehnika statističkog učenja na poznate formule mase u pokušaju određivanja sustavnih nedostataka u opisu energija vezanja konačnih jezgara.

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

Mentor: dr. sc. Blaženka Melić

Institucija: IRB

Naslov teme: Univerzalnost leptonskih okusa kao test Standardnog Modela

Sadržaj teme:

Standardni Model (SM) jakih i elektoslabih interakcija je teorijski model koji vrlo uspješno objašnjava i predviđa fenomenologiju elementarnih čestica na skalama koje su trenutno dostizne na eksperimentima. Međutim zbor raznih teorijskih razloga SM se smatra samo efektivnom teorijom neke puno fundamentalnije teorije koja vrijedi na puno većim energijama.

Jedan od znakova kako bi ta fundamentalna teorija trebala izgledati bi mogao doći iz okusne strukture SM. Postoji nekoliko eksperimentalnih anomalija u B-fizici koje formiraju uniformni uzorak narušenja leptonske univerzalnosti, posebno u raspadima $B^0 \rightarrow K^* \mu \mu$, $B^+ \rightarrow K^+ \ell \ell$ kao i u $B \rightarrow D^{(*)} \tau \nu$ i $B \rightarrow D^{(*)} \ell \nu$ raspadima. Tema diplomskog bi bilo upoznavanje s B-mezonskim semileptonskim raspadima, racunanje udarnih presjeka i raznih kutnih raspodjela i asimetrija tih procesa kako bi se utvrdila odstupanja od eksperimenta, kao i uključivanje nekih novih operatora induciranih Novom Fizikom koji bi mogli objasniti odstupanja i eventualno odrediti model proširenja Standardnog Modela.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Blaženka Melić

Institucija: IRB

Naslov teme: Slučaj lakog Higgosa u modelu s dva Higgsova dubleta

Sadržaj teme:

Nakon kratkog osvrt na Higgsov mehanizam u Standardnom modelu, analizirali bi se problemi Higgsove čestice u Standardnom modelu, ograničenja na masu čestice zbog trivijalnosti i stabilnosti, kao i dominantni modovi raspada Higgosa. Nakon toga bi se proučavao model s dva Higgsova dubleta (THDM) i mogućnosti postojanja lakog CP-neparnog Higgsovog bosona u tom modelu, te utjecaj postojanja takve čestice na mjerljive rapade standardnog Higgosa u četiri leptona, $h \rightarrow 4 \ell$.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Matko Milin

Institucija: PMF

Naslov teme: Sinteza elemenata u nastavi fizike

Sadržaj teme:

Kemijski elementi kao koncept provlače se i kroz osnovnoškolsku i kroz srednjoškolsku nastavu fizike i kemije, bez doticanja vrlo jednostavnog, a važnog pitanja: kako su pojedini elementi nastali? Te zašto su neki elementi u prirodi zastupljeni i desetak redova veličine puta manje od nekih drugih? Cilj diplomskog rada je popisati sve scenarije nastanka (i nestanka) elemenata tijekom evolucije Svemira, te kroz jednostavne račune (na nivou srednjoškolske matematike) pokazati neke detalje nukleosinteze u ranom Svemiru, zvijezdama i eksplozivnim pojavama. Rezultati mogu poslužiti kao izvor primjerenih fakultativnih sadržaja u nastavi fizike, kao i niza zanimljivih informacija o elementima koje bi učenicima pružale jedinstven uvid u moderna znanstvena istraživanja.

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

Mentor: dr. sc. Matko Milin

Institucija: PMF

Naslov teme: Nuklearne reakcije $7\text{Li}+^{12}\text{C}$ i građa lakih atomskih jezgara

Sadržaj teme:

Lake atomske jezgre s desetak nukleona već i na vrlo niskim energijama pobuđenja pokazuju stanja vrlo raznolikih struktura, od onih dobro opisanih modelom ljusaka, preko stanja klusterske građe, do sasvih egzotičnih stanja, kao što su molekulska ili čak Bose-Einsteinovi kondenzati. Eksperimentalni podaci za potpuno razumijevanje tih struktura daleko su od potpunih, pa sunova mjerenja i rezultati i više nego nužni.

Cilj rada je dobivanje novih eksperimentalnih rezultata o stanjima niza atomskih jezgara (^{12}C , ^{15}N , ^{16}O itd) iz analize mjerenja nuklearnih reakcija $7\text{Li}+^{12}\text{C}$, na energiji projektila 7Li od 30 MeV-a. Analiza već dobivenih podataka izvršila bi se upotrebom standardnih programskih paketa ROOT i Python (tj. PyROOT). Očekuju se rezultati zanimljivi i s aspekta nuklearne strukture (lakih jezgara) i sa stanovišta samog mehanizma reakcija.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

Naslov teme: Istraživanje laserski proizvedene plazme u međudjelovanju s pulsevima hladne izbojne plazme

Sadržaj teme:

Pod laserski proizvedenom plazmom podrazumijevamo onu stvorenu pomoću malih lasera, tipično sa trajanjem pulsa u nano sekundama, 4 ns i energijom do 350 mJ. Takvi laserski snopovi s tokovima energije do 100 J/cm^2 dovoljni su da pretvore u paru praktično bilo koji materijal i proizvedu pulsnu ne-ravnotežnu plazmu koja brzo trne (u mikrosekundama). Zanima nas međudjelovanje takve laserske plazme s nisko temperaturnom plazmom proizvedenom pomoću izboja i nanosekundnih pulseva visokog napona. Proučavat će se efekti brzine promjene električnog polja na intenzitet svjetlosti s ciljem povećanja efikasnosti. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava, korištenje laserom inducirane break-down spektroskopije (LIBS), usvajanje tehnika vremenski razlučivih mjerenja, izvođenje mjerenja, analizu i diskusiju rezultata, te pisanje diplomskog rada, sve u propisanom vremenu. Predložena tema dio je istraživanja koja se provode u sklopu projekta LaCPID <http://lacid.ifs.hr/>.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

Naslov teme: Istraživanje međudjelovanja nisko temperaturne hladne plazme i tekućina

Sadržaj teme:

Nisko temperaturna plazma je djelomično ionizirani plin koji se sastoji od mješavine neutralnih molekula i atoma sa nabijenim česticama (elektronima i ionima). To su ne-ravnotežne plazme u kojima su elektronske temperature tipično puno veće od temperatura okoliša koje imaju ioni i neutrali. U tim uvjetima sudari elektrona sa neutralima proizvode vibracijska i elektronska pobuđenja na visokim energijama. Na taj način iniciraju se kemijske reakcije inače u prirodi ne postojeće (endotermne). Zadnjih godina od interesa je istraživanje međudjelovanja plinske izbojne plazme i tekućina zbog velikih primjena u biomedicini i poljoprivredi. Tretiranje tekućina plazmom vodi do obogaćivanja tekućine kisikovim i dušikovim radikalima. Istražit ćemo kako tretman plazmom utječe na omjere koncentracija peroksida i nitrita/nitrata u vodi. Istraživanje će obuhvatiti razvoj plazma reaktora i spektroskopsku karakterizaciju međudjelovanja s tekućinama. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava, korištenje optičke emisijske spektroskopije, izvođenja mjerenja, analizu i diskusiju rezultata, te pisanje diplomskog rada. Predložena tema dio je istraživanja koja se provode u sklopu projekta LaCPID <http://lacid.ifs.hr/>. Istraživanja su aktualna i primjenjiva npr. u području plazma agronomije.

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

Mentor: dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev

Institucija: IRB

Naslov teme: Proučavanje polimernog materijala za 3D printanje na bazi poliamida vibracijskom spektroskopijom

Sadržaj teme:

Suvremene metode aditivne tehnologije izrade predmeta koriste materijale na bazi polimera ili metala. Jedan od najčešće korištenih polimernih materijala je poliamid PA12, čija je monomerna jedinica sačinjena od jedanaest CH₂ skupina između C=O i NH grupa. Zadatak diplomskog rada bio bi ispitati metodom Ramanove spektroskopije kako se mijenja konformacija i pakiranje lanaca kada iz polimernog praha izradimo vlakno. Naime poliamidni prah se koristi do četiri puta u izradi predmeta tehnikom selektivnog laserskog srašćivanja, te se nakon toga odbacuje. U sklopu rada Laboratorija za molekulsku fiziku i sinteze novih materijala izradit ćemo vlakna s dopiranim polimerom radi recikliranja materijala i izrade novih predmeta drugom tehnikom - metodom taložne depozicije. Predviđeno trajanje mjerenja u laboratoriju je dva tjedna, te izračun vibracija polimera tjedan dana povrh toga.

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

Mentor: dr. sc. Tamara Nikšić

Institucija: PMF

Naslov teme: Izrada simulacija u teorijskoj fizici pomoću programskog jezika Python

Sadržaj teme:

Programski jezik Python predstavlja idealan alat, kako za učenje programiranja, tako i za pojašnjavanje osnovnih fizikalnih koncepata u osnovnim i srednjim školama. Jednostavna sintaksa i velik broj gotovih programskih paketa, kao i činjenica da se radi o besplatnom programskom jeziku čine Python dostupnim širokom krugu nastavnika i učenika. Posebno pogodan za rad u školama je paket VPython koji pruža mogućnost jednostavnog programiranja grafičkih prikaza rješenja različitih fizikalnih problema s naglaskom na animacijama.

U okviru predloženog rada student bi izradio numeričke simulacije pogodne za ilustraciju nekog od standardnih problema teorijske fizike (npr. problem tri tijela, gibanje zvrka, dinamika kvantnih valnih paketa). Time bi učenicima mogao predočiti neke od zanimljivih fizikalnih pojava.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Tamara Nikšić

Institucija: PMF

Naslov teme: Multipolna pobuđenja deformiranih 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 uglavnom korištena u opisu monopolnog izovektorskog i izoskalarnog odziva, a u okviru diplomskog rada razvit će se implementacija prikladna za opis preostalih multipola i/ili pobuđenja s izmjenom naboja. Razvijeni model će se testirati na nekoliko ilustrativnih primjera deformiranih atomskih jezgara.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mario Novak

Institucija: PMF

Naslov teme: Novi funkcionalni materijali

Sadržaj teme:

Sadržaj teme: Ovisno o afinitetima studenta moći će sudjelovati u eksperimentalnom istraživanju ili obraditi temu više teorijski. Materijali koji bi se obrađivali su novi 2D materijali pri čemu bi naglasak bio stavljen na dihalogenide i njihova moguća primjena. Studentu se pruža mogućnost sinteze materijala koja bi se odvijala djelomična na našem odsjeku, a djelomično na IRB-u

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

Mentor: dr. sc. Mario Novak

Institucija: PMF

Naslov teme: Sinteza odabranih monokristalnih uzoraka 3D Diracovih materijala

Sadržaj teme:

3D Dirac i Wely materijali su posljednja generacija takozvanih Diracovih materijala. Fizika Diracovih materijala pobudila je veliki interes u fizici čvrstog stanja nakon otkrića grafena (jednoatomni sloj ugljika). Nakon grafena pronađeno je da se niskoenergijska pobuđenja opisana Diracovim hamiltonijanom mogu pronaći u topološkim izolatorima, određenim visokotemperaturnim supravodičima i organskim vodičima. Cilj diplomskog rada je sinteza novih 3D Dirac i Wely polumetala kao što su ZrSiS, NbP ili TaP. Student koji odabere navedenu temu savladati će osnove primijenjene kemije potrebne za sintezu materijala (rad s „glove box“ sustavom, analitičkom vagom, vakuumsko zavarivanje kvarcnih cijevi, itd.), osnove strukturne analize (analiza rezultata rendgenske difrakcije), pripremu uzoraka za transportna mjerenja te osnove niskotemperaturne fizike. Cilj projekta je dobiti visokokvalitetne uzorke navedenih Diracovih sustava koji će se koristiti u kasnijim istraživanjima.

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

Mentor: dr. sc. Mario Novak

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje efekta pomicanja Fermijeve energije u monokristalnim uzorcima topoloških izolatora primjenom ionskih tekućina

Sadržaj teme:

Topološki izolatori (TI) su novo i vrlo uzbudljivo područje istraživanja u fizici čvrstog stanja. U TI unutrašnjost materijala posjeduje energijski procijep između valentne i vodljive vrpce, što čini materijal izolatorom u unutrašnjosti. S druge strane, na površini TI zbog svojstava valnih funkcija će se pojaviti metalna stanja koja se odlikuju svojstvom da je spin elektrona uvijek okomit na njegov valni vektor kristalnog impulsa te su takvi materijali vrlo interesantni za primjenu u spintronici. Cilj navedenog projekta je detektirati i istražiti pomicanje Fermijeve energije s primjenom vanjskog električnog polja, što će se očitovati u promjeni niskotemperaturne otpornosti uzoraka, njihovoj temperaturnoj ovisnosti te u koncentraciji nosioca naboja. Student koji se odluči za navedenu temu savladat će osnove eksperimentalnog rada u laboratoriju, što podrazumijeva sintezu monokristala određenih TI, njihovu transportnu i strukturnu karakterizaciju, pripremu uzoraka za niskotemperaturna mjerenja te provedbu niskotemperaturnih mjerenja.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Suvremena nastava fizike: terenska nastava u prirodi

Sadržaj teme:

Vanučionička nastava jedan je od najznačajnijih oblika nastave suvremenih obrazovnih sustava. Brojna istraživanja pokazala su učinkovitost različitih izvedbenih oblika vanučioničke nastave u stjecanju trajnih znanja i vještina. U okviru ovog rada u odabranom području fizike, razradit će se koncept nastave fizike u prirodi. Koncept je baziran na istraživački orijentiranoj nastavi uz primjenu znanstvene metode s demonstracijskim pokusom, odnosno promatranjem prirodnih pojava i procesa. Razmotrit će se mogućnosti šireg uvođenja ovog oblika nastave u program fizike u osnovnoj školi, ali i u okviru učenja fizike u okviru europske strategije znanstvenog obrazovanja od najranije dobi.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Fizika kao okosnica ranog znanstvenog obrazovanja u vrtićima i razrednoj nastavi

Sadržaj teme:

Znanstveno obrazovanje djece od najranije dobi u fokusu je europskih obrazovnih sustava 21. stoljeća. Pri tome središnje mjesto treba imati učenje, odnosno upoznavanje s temeljnim fizikalnim konceptima i pojavama. Uvođenje fizike u vrtiće i razrednu nastavu u Hrvatskoj je veliki izazov kako za sudionike odgojno-obrazovnog procesa koji nisu usmjereno fizikalnog obrazovanja, tako i za fizičare, znanstvenike i nastavnike, koji trebaju razraditi sve aspekte uvođenja fizike na tu razinu. Tema ovog rada je uz presjek svjetskih iskustava dati smjernice i konkretne ideje kako fiziku snažno uključiti u rano obrazovanje.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Suvremene metode u nastavi fizike: Upotreba micro:bit uređaja u dizajnu demonstracijskih pokusa

Sadržaj teme:

Pojava novih generacija mikrokontrolera kao što je micro:bit omogućava njihovu širu primjenu u obrazovanju. U okviru ovog diplomskog rada istaknut će se mogućnosti primjene u okviru projektne nastave gdje učenik konstruira odabrani demonstracijski pokus iz fizike. Rezultat ovog rada je detaljna uputa nastavnicima kako implementirati ovakav pristup izvođenju nastave.

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

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Masivni izračuni dipolnih pobuđenja u atomskim jezgrama

Sadržaj teme:

Dipolna pobuđenja u atomskoj jezgri igraju važnu ulogu u procesima sinteze kemijskih elemenata u svemiru. Stoga je potrebno sustavno istražiti njihova svojstva kroz cijelu mapu nuklida. U okviru ove teme će biti provedeni masivni izračuni dipolnih pobuđenja od lakih do teških jezgara, u okviru jednog od raspoloživih mikroskopskih teorijskih pristupa zasnovanog na energijskom funkcionalu gustoće.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Proizvodnja zlata u eksplozijama supernove i sudarima neutronskih zvijezda

Sadržaj teme:

Jedan od najvećih izazova moderne znanosti je pitanje gdje su i kako nastali kemijski elementi teži od željeza. Nedavna istraživanja upućuju na mogućnost sinteze težih kemijskih elemenata u eksploziji supernove i sudarima neutronskih zvijezda. Posebno interesantno pitanje je kako su nastali kemijski elementi od šireg interesa, kao što je to primjerice zlato. U okviru ovog diplomskog rada bit će istražena različita astrofizička okruženja i nuklearni procesi koju upućuju na mogućnost proizvodnje zlata, posebice u okviru evolucije supernove i u sudarima neutronskih zvijezda.

Smjerovi: prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Kolektivna pobuđenja u atomskoj jezgri

Sadržaj teme:

Osnovni cilj ove teme je upoznati temeljna svojstva kolektivnih pobuđenja u atomskim jezgrama, u okviru aktualnih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja. U fokusu će biti istraživanje svojstava gigantskih monopolnih, dipolnih i kvadupolnih rezonancija, kao i rezonancija zasnovanih na prijelazima s izmjenom naboja. Pojedina svojstva će biti analitički razmatrana u okviru modela kapljice, odnosno u aproksimaciji oscilacija malih amplituda. Razmotrit će se i aktualni izazovi u istraživanjima kolektivnih pobuđenja u egzotičnim jezgrama.

Smjerovi: prof. fizike

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Astrofizički značajna nuklearna pobuđenja na konačnoj temperaturi

Sadržaj teme:

Nuklearni procesi slabog međudjelovanja igraju temeljnu ulogu u kasnijim fazama evolucije masivne zvijezde i u fazi kolapsa zvijezde koja prethodi eksploziji supernove. Stoga je potrebno razviti pouzdani mikroskopski opis pobuđenja i procesa slabog međudjelovanja u atomskim jezgrama. U okviru ove teme će biti razvijen model zasnovan na relativističkom energijskom funkcionalu gustoće, proširen učincima konačne temperature, za opis relevantnih pobuđenja s izmjenom naboja. U idućem koraku ova će pobuđena stanja biti implementirana u izračunu udarnih presjeka, primjerice za uhvat elektrona ili neutrino-jezgra međudjelovanja na temperaturama karakterističnim u početnoj, odnosno kasnoj fazi evolucije supernove.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Nuklearna jednadžba stanja i kolektivna pobuđenja u jezgrama

Sadržaj teme:

Poznavanje svojstava jednadžbe stanja je od posebnog značaja za aktualna istraživanja neutronske zvijezde i supernova. U okviru ove teme predviđeno je upoznavanje s modernom mikroskopskom teorijom za opis međudjelovanja na razini atomske jezgre, zasnovanoj na relativističkom energijskom funkcionalu gustoće. Primjenom ovog teorijskog pristupa, tema uključuje istraživanje mogućnosti određivanja nekih od svojstava nuklearne jednadžbe stanja (posebice svojstva blizu gustoće saturacije) pomoću kolektivnih modova pobuđenja u atomskim jezgrama, na temelju korelacija između različitih veličina. Vjerojatnosti prijelaza će biti određene u okviru relativističke aproksimacije slučajnih faza za nekoliko različitih pobuđenja, izovektorske gigantske dipolne rezonancije, pygmy dipolnih pobuđenja, raznih spinsko-izospinskih pobuđenja, itd., za koje postoje eksperimentalni podaci koji će također biti primijenjeni u ovom istraživanju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Mjerenje feroelektričnih i magnetskih svojstava odabranog materijala

Sadržaj teme:

Student će izraditi mjerni postav za mjerenje feroelektričnih svojstava materijala, uključujući ili mjerenje piroelektrične struje koja se pojavi prilikom prelaska materijala u feroelektrično stanje čime se proizvede struja mjerljiva femtoampermetrom, ili mjerenje dielektrične konstante LCR-metrom u ovisnosti o temperaturi, ili mjerenje feroelektrične histereze pomoću digitalnog osciloskopa. Prilagodit će uzorak mjernoj metodi, te povezati instrumente s računalom i u programskom jeziku python isprogramirati upravljanje uređajem i mjerenje. Analizirat će podatke i dati njihovo tumačenje u svjetlu novije znanstvene literature. Pritom će naučiti o električnim svojstvima materijala, upravljanju profesionalnim mjernim uređajima pomoću računala, analiti podataka, te znanstvenoj raspravi dobivenih rezultata. Ukoliko se pokaže zanimljivim, mjerit će i magnetizaciju odabranog materijala koristeći neki od postojećih magnetometara. Naučit će osnove magnetizma te načina mjerenja magnetizacije. Uočeno magnetsko ponašanje objasniti će u svjetlu novije znanstvene literature.

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 i električno ponašanje odabranog multiferoičnog materijala

Sadržaj teme:

Magnetoelektrični multiferoici pokazuju istovremeno dvije vrste uređenja, a naročito je zanimljivo ako su ona međusobno povezana tako da se električnim poljem može utjecati na magnetsko uređenje te magnetskim na električno. Multiferoičnost s magnetskim i električnim uređenjem može se javiti u različitim vrstama materijala, od složenih oksida metala, do metaloorganskih kompleksnih spojeva. Unutar diplomskog rada istražiti će se magnetsko i električno ponašanje odabranog potencijalno multiferoičnog spoja. Eksperimentalno istraživanje obuhvatit će mjerenja magnetizacije, zatim utjecaja električnog polja na nju, te električne polarizacije i utjecaja magnetskog polja na nju. Pružit će se i mogućnost sudjelovanja u sintezi novog materijala te istraživanju njegove strukture. Student će napraviti cjelovito eksperimentalno istraživanje i dati zaokruženu sliku ponašanja i objašnjenja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Kornelija Passek-Kumerički

Institucija: IRB

Naslov teme: Od partonskih distribucija do generaliziranih partonskih distribucija

Sadržaj teme:

Sastav protona/nukleona i njegov prikladan opis i dalje predstavlja jedan od najvećih teorijskih izazova, kao i vrlo potrebnu ulaznu informaciju za eksperimentalna istraživanja na velikim sudaračima čestica (LHC...). Ideja diplomskog rada je ponoviti i proširiti na dodiplomskom studiju stečeno znanje o dobivanju informacija o strukturi protona iz duboko neelastičnih raspršenja (DIS) i tako dobivenih partonskih distribucija (PDF). Nadalje slijedi upoznavanje sa ekskluzivnim procesima koji nude više informacija te sa generaliziranim partonskim distribucijama (GPD). U osnovnom redu računa smetnje proveo bi se račun duboko virtualnog Comptonovog raspršenja (DVCS) i (ako vrijeme dopusti) duboko virtualne elektroprodukcije mezona (DVMP) i tako reproducirali rezultati iz literature. U procesu izrade diplomskog rada student se dakle upoznaje sa trenutno dostupnim informacijama i izvorima informacija o strukturi protona te savladava osnove računanja elementarnih Feynmanovih diagrama u okviru perturbativne kvantne kromodinamike.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Ravnoteža sila i momenta sila u diobenom vretenu dobivena korištenjem aproksimacije srednjeg polja

Sadržaj teme:

Diobeno je vreteno mikro-stroj koje djelujući silama na kromosome dijeli genetski materijal između dvije stanice-kćeri. Ključno je pitanje kako su uravnotežene sile u diobenom vretenu. U ovom će se interdisciplinarnom radu proučavati kako su u diobenom vretenu uravnotežene sile i momenti sila, a koristit će se bazična znanja iz teorije elastičnosti. Student/studentica bi za vrijeme diplomskog rada trebao napisati model koji će za mnoštvo mikrotubula koje djeluje u diobenom vretenu koristiti aproksimaciju srednjeg polja. Oblici pojedinih mikrotubuli će se opisati statičkom Kirchoffovom jednadžbom. Također, u sustavu će morati biti zadovoljena ravnoteža sila i momenta sila za oba pola diobenog vretena te za svaki mikrotubul. Model bi trebao predvidjeti raspodjele sila i momenata sila koje djeluju na polovima te njima pripadajuće oblike mikrotubula te tako predvidjeti oblik diobenog vretena.

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

Mentor: dr. sc. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje nastanka sila te momenta sila u diobenom vretenu

Sadržaj teme:

Diobeno je vreteno mikro-stroj u kojem sile koje generiraju molekularni motori i mikrotubuli djeluju na kromosome te tako omogućuju podjelu genetskog materijala između dvije stanice-kćeri. Centralno je pitanje stanične biofizike kako nastaju sile koje djeluju u diobenom vretenu. U ovom će se interdisciplinarnom radu, korištenjem bazičnih znanja iz statističke fizike i teorije elastičnosti, proučavati sile i momenti sila u diobenom vretenu. Student/studentica bi za vrijeme diplomskog rada trebao napisati model koji će opisati djelovanje molekularnih motora na mikrotubule u diobenom vretenu. U tom će se modelu motori opisati kao generatori sila, a karakterizirani su odnosom sila-brzina. Motori će svojim djelovanjem proizvesti sile, a teorijski opis ravnoteže prisutne u diobenom vretenu će uključiti i ravnoteže sila i ravnoteže momenata sila. Konačno, model bi trebao dati predviđanja za generatore momenata sila u diobenom vretenu, a koje planiramo eksperimentalno provjeriti.

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

Mentor: dr. sc. Krešimir Pavlovski

Institucija: PMF

Naslov teme: Zastupljenost CNO elemenata u zvijezdama velikih masa iz VLT/FLAMES programa

Sadržaj teme:

Teorijski modeli evolucije rotirajućih zvijezda velikih masa predviđaju promjene u fotosferskoj zastupljenosti CNO elemenata. Rotacijski inducirano miješanje zvjezdanog materijala, od središnje jezgre do fotosfere, ovisi o inicijalnoj masi i rotacijskoj brzini, i raste sa starosti zvijezda. Zbog prirode CNO ciklusa, zastupljenost N raste, a C pada. O uglavnom ne trpi promjene. Opažajući podaci daju puno složeniju sliku: osim potvrđene veze da zastupljenost N raste s rotacijskom brzinom zvijezda, nezanemariv broj zvijezda malih rotacijskih brzina ima značajan porast zastupljenosti N, i suprotno, ima određen broj zvijezda velike rotacijske brzine koje ne pokazuju promjene u zastupljenosti CNO elemenata u odnosu na standardnu kozmičku raspodjelu elemenata. Cilj je diplomskog rada određivanje zastupljenosti CNO elemenata u spektrima OB zvijezda iz arhiva VLT/FLAMES programa provedenog na European Southern Observatory. Analizirat će se spektri zvijezda iz otvorenih galaktičkih skupova naše Galaksije, koji imaju različitih starosti. Upotiebit će se drugačija metodologija od one koje je koristila VLT/FLAMES kolaboracija kako bi se eventualno otklonile nedoumice u njihovim rezultatima.

Smjerovi: prof. fizike

Mentor: dr. sc. Marin Petrovic

Institucija: IFS

Naslov teme: Elektronska struktura jednoslojnog heksagonalnog borovog nitrida

Sadržaj teme:

Istraživanje novih materijala je jedan od ključnih koraka koji omogućava razvoj novih i naprednijih tehnologija. Među modernim materijalima koju su trenutno u fokusu znanstvene zajednice su i tzv. dvodimenzionalni (2D) materijali koji su u suštini debeli (tj. tanki) samo jedan atomski sloj. Najpoznatiji primjer 2D materijala je grafen, no tokom godina su se pojavili i mnogi drugi koji pružaju čitav spektar različitih svojstava i mogućih primjena u budućnosti. Posebno mjesto u obitelji 2D materijala zauzima heksagonalni borov nitrid (hBN), ponajviše zbog činjenice što je relativno inertni izolator sa širokim energetske procjepom. Kroz ovaj diplomski rad će se istražiti elektronska struktura hBN-a sintetiziranog na metalnoj podlozi u ultra-visokom vakuumu. Korištenje vakuumske tehnika dozvoljava precizno manipuliranje sintezom materijala te također omogućava detaljnu karakterizaciju u kontroliranim uvjetima. Metoda koja će se koristiti za istraživanje elektronske strukture je kutno-razlučiva fotoemisijska spektroskopija (angle-resolved photoemission spectroscopy, ARPES) koja omogućava snimanje popunjenih elektronskih vrpca, tj. elektronskih stanja čija je energija niža od energije Fermijevog nivoa. Kao pomoćna tehnika za karakterizaciju kristalne strukture i kvalitete sintetiziranih uzoraka će se koristiti difrakcija nisko-energetskih elektrona (low-energy electron diffraction, LEED). Glavni cilj rada je oslikavanje elektronskih vrpca hBN-a u dva slučaja. Prvi je slučaj čistog hBN-a na metalnoj podlozi, kada se Fermijev nivo nalazi između valentne i vodljive vrpce hBN-a. Drugi slučaj je hBN na metalnoj podlozi dodatno interkaliran alkalijskim metalima (tj. alkalijski metali se naknadno umeću između hBN-a i njegove podloge). Zbog prijenosa naboja, interkalacijom se u hBN-u stvara električno polje čime se efektivno pomiče Fermijev nivo, što pak načelno omogućava oslikavanje i vodljive vrpce pomoću ARPES-a, a samim time i energetskog procjepa hBN-a. Sveukupno, kroz rad će se dobiti nove informacije o elektronskoj strukturi hBN-a, čime će se ubrzati njegova implementacija u buduće tehnologije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Robert Pezer

Institucija: SIM

Naslov teme: Bose-Hubbard model kao primjer tehnika dijagonalizacije u višečestičnim sistemima

Sadržaj teme:

Uzimamo Bose-Hubbard model kao ilustraciju osnovnih tehnika dijagonalizacije u višečestičnim kvantnim sistemima. Prvo će se proučavati i implementirati metode generiranja i zapisa prostora stanja sistema, a zatim izračun matrice Hamiltonijana. Nakon toga će se razmatrati različite tehnike određivanja spektra i svojstvenih vektora sistema. Naglasak je na izgradnji potpunog fizičkog prostora vektora stanja te implementacija različitih trikova za označavanje vektora stanja i pristup kvantnim brojevima izračunom iz pozicije u apstraktnom vektoru. Obavit će se i osnovna analiza fizičkih veličina karakterističnih za ovakav sistem u različitim područjima jakosti međudjelovanja.

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

Mentor: dr. sc. Robert Pezer

Institucija: SIM

Naslov teme: Simulacija dinamike u međudjelujućim sistemima

Sadržaj teme:

Planira se provedba analize termodinamičkih značajki realnih plinova korištenjem molekularne dinamike - rješavanje sustava klasičnih Newtonovih jednažbi u problemu više međudjelujućih čestica. Jedan od specifičnih ciljeva je određivanje svojstava sistema poput Lennard Jones tekućine u različitim stanjima faznog dijagrama. Sferni oblik i stabilnost atoma helija, neona i dušika lako stvaraju tekućine, a složenost sistema je takva da je izračun moguć numeričkom simulacijom na običnim računalima. Odabrana termodinamička, strukturalna i transportna svojstva bi se proračunavala i uspoređivala s eksperimentalnim podacima i nedavnim teorijskim istraživanjima. Posebno bi se proučavale značajke sistema blizu ili u trojnoj točki. Numerička zahtjevnost u problemu će se provjeravati pri visokim temperaturama i niskim gustoćama, a posebno obzirom na korelacijske funkcije. Posebno će se promatrati utjecaj međudjelovanja na fizičke veličine poput tlaka i temperature.

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

Mentor: dr. sc. Maja Planinić

Institucija: PMF

Naslov teme: Istraživanje učeničkog razumijevanja valne optike

Sadržaj teme:

Valna optika je vrlo apstraktna i zahtjevna nastavna tema u srednjoškolskom kurikulumu fizike, koja uključuje brojne učeničke poteškoće. Neke su od njih već bile identificirane kod učenika i studenata u drugim zemljama, no u Hrvatskoj ovo područje još nije bilo istraživano. Diplomand bi bio uključen u početni dio istraživanja, koji bi obuhvaćao demonstracijske polustrukturirane intervju s ca. 10 učenika četvrtih razreda općih gimnazija zagrebačkog područja. Sudjelovao bi u pripremi demonstracijskih pokusa i pitanja, koji bi bili dio intervjua, te u njihovom provođenju, transkribiranju i analizi. Kroz ovaj diplomski rad diplomand bi se upoznao s relevantnom literaturom i metodologijom edukacijskih istraživanja u fizici i stekao važan uvid u konceptualne poteškoće učenika u području valne optike, što bi ga dodatno pripremilo za kasniji nastavni rad.

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

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Osjet ravnoteže i videonistagmografija

Sadržaj teme:

Osjet ravnoteže u sisavaca reguliran je vestibularnim sustavom u kojem se nalaze polukružni kanali ispunjeni tekućinom. Iako je potpun mehanizam održavanja ravnoteže nepotpuno objašnjen, jasno je da se temelji na fizikalnim načelima. Bolje razumijevanje vestibularnog sustava nužno je kako bi se pomoglo osobama s poremećajima u ravnoteži. U tu svrhu će se u diplomskom radu opisati fizikalno načelo vestibularnog sustava i izraditi uređaj za videonistagmografiju, što je serija testova koje se provode u medicini i s kojima se procjenjuje funkcionalnost sustava za ravnotežu. Uz izradu uređaja i programskog rješenja, napraviti će se detaljna dokumentacija svih testova, te mogućih medicinskih simptoma poremećaja ravnoteže i ishoda koje bi pružilo testiranje uređajem.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Rupertova kaplja

Sadržaj teme:

Rupertove kaplje su stakleni predmeti oblika kaplje tankog, izduženog repa koji se proizvode tako da se vruće tekuće staklo naglo hladi. U tom procesu površina se ohladi puno prije no unutrašnjost kapi, što rezultira u naprezanjima u materijalu. Ukoliko se na tijelo kaplje primijeni velik pritisak, on se kompenzira unutarnjim pritiskom i kaplju je vrlo teško razbiti. S druge strane, primjena male sile na rep kaplje dovoljna je za uzrokovanje katastrofalnog urušavanja cijele kaplje. U diplomskom radu će se izrađivati kaplje i mjeriti brzina širenja propagacije eksplozije od repa prema tijelu kaplje. Kako se radi o brzinama reda veličine 10km/s, mjerenje brzine će se pokušati napraviti rezistivnom metodom i osciloskopom.

Smjerovi: prof. fizike

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Schlierenova kamera

Sadržaj teme:

Schlierenova kamera je uređaj koji služi za snimanje relativnih tokova fluida različitih gustoća. U diplomskom radu opisali bi se efekti kojima se služi uređaj, izradila bi se kamera pomoću digitalnog fotoaparata i optičkih elemenata te bi se na kraju izvršila fizikalna mjerenja ovisnosti vertikalne brzine stupca zraka o različitim parametrima. Zbog svoje osjetljivosti, uređaj bi se rastavio, no mjerenja izvršena njime služila bi za demonstracijske svrhe u nastavi.

Smjerovi: prof. fizike i tehnike

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Korelirani elektronski sustavi u ekstremnim uvjetima

Sadržaj teme:

Kvazi-dvodimenzionalni materijali kao su visoko-temperaturni kupratni supravodiči ili dihalogenidi prijelaznih metala su u fokusu znanstvenog interesa danas kako s fundamentalnog tako i sa stajališta mogućih primjena. U tim sustavima korelacije igraju značajnu ulogu a njihova snižena dimenzionalnost pospješuje korelacijske efekte. Pri proučavanju međudjelovanja koja definiraju osnovna stanja u tim sustavima, primjena vanjskog tlaka (hidrostatski i/ili uniaksijalni) je idealno oruđe pošto direktno utječe na dimenzionalnost sustava. Dihalkogenidi koji su slojasti sustavi koji se smatraju nasljednikom grafena. Ovisno o kemijskom sastavu oni mogu biti poluvodiči, polumetali i pravi metali, a neki od njih su i supravodljivi. Moguće ih je interkalirati magnetskim ionima te na taj način dobiti sustave u kojima magnetski i električni podsustavi koegzistiraju. Međudjelovanje ovih dvaju sustava rezultira zanimljivim magnetskim uređenjima na koja je moguće utjecati primjenom tlaka[1] i/ili magnetskog polja te na taj način bolje razumjeti to međudjelovanje sa svrhom instrumentalizacije ovakvih i sličnih sustava. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od interkalata NbS₂ sustava. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka od nekoliko GPa kao i magnetskog polja te mjerenjem fizikalnih veličina u ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u laboratoriju Instituta za fiziku uz mogućnost međunarodne suradnje. Rezultati rada će se sažeti u znanstvenu publikaciju te postoji mogućnost nastavka suradnje i nakon diplome. [1] N. Barišić, I. Smiljanić, P. Popčević, A. Bilušić, E. Tutiš, A. Smontara, H. Berger, J. Jaćimović, O. Yuli, and L. Forró; High-pressure study of transport properties in Co_{0.33}NbS₂; Physical Review B 84 (2011) 075157.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Termoelektricitet pod tlakom

Sadržaj teme:

Termoelektrični materijali nude mogućnost iskorištavanja dijela otpadne topline (waste heat) pretvarajući je u korisnu električnu energiju. Stoga su u svjetlu inicijativa za smanjenje zagađivanja i potrošnje energije općenito vrlo zanimljivo područje znanstvenog istraživanja. Kako bi se procijenilo koliko je materijal učinkovit prilikom termoelektrične pretvorbe, potrebno je mjeriti njegova transportna svojstva. U okviru rada diplomand će se upoznati s termoelektričnim veličinama (definicijama, mjernim tehnikama i teorijskim opisom), pojavom termoelektriciteta i njegovim primjenama. Nadalje, upoznat će se s metodama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka te njihovom primjenom i dosezima u eksperimentalnom istraživanju. Na primjeru jednog visoko obećavajućeg materijala, odredit će se njegov termoelektrični potencijal (mjerenje termostruje, električne i toplinske vodljivosti) te proučiti i utjecaj hidrostatskog i/ili uniaksijalnog tlaka.

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

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektromehanička nestabilnost u nanoelektromehaničkim sustavima

Sadržaj teme:

Nanoelektromehanički sustavi (NEMS) predstavljaju trenutno vrlo aktualno područje fizike kondenzirane materije, posebno grane koja se odnosi na istraživanje nanotehnologija. Vežanje mehaničkih i električnih svojstava, pogotovo s diskriminacijom elektronskog spina u transportu, predstavlja nelinearni problem u spintronici na kojem se temelji tehnologija modernih oscilatora na nano skalama. Cilj ovog diplomskog rada je dati klasični teorijski opis elektromehaničke nestabilnosti u nanoelektromehaničkom sustavu, ugljikove nanocjevčice pričvršćene na mikrokontakte pod prednaponom, u području dozvoljenih fizikalnih parametara. Vežanje električnih (tuneliranje elektrona s distinkcijom spina) i mehaničkih (vibracije nanocjevčice) stupnjeva slobode izvršeno je magnetomotornim vežanjem tj. Lorentzovom silom na nanocjevčicu u vanjskom magnetskom polju. Sustav je potrebno modelirati jednadžbama gibanja harmoničkog oscilatora tjeranog Lorentzovom silom i "rate equations" za tunelirajuće struje spinova koje čine sustav vezanih diferencijalnih jednadžbi. Rješavanjem sustava numeričkim i analitičkim metodama analize dinamičkih sustava treba naći područje parametara u kojem sustav podliježe elektromehaničkoj nestabilnosti tj. nastanku samoekscitiranih oscilacija mehaničkih i električnih obzervabli koje se vide kao gubitak stabilnosti stacionarne fiksne točke i nastanku graničnog kola u faznom prostoru oscilatora.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Pseudomagnetska polja u grafenu

Sadržaj teme:

Cilj ovog diplomskog rada iz područja fizike kondenzirane materije je detaljno se upoznati s nastankom pseudomagnetskih polja generiranih mehaničkom deformacijom kristalne rešetke u grafenu te s glavnim fenomenima vezanim uz ista. Problem elektrona na mehanički deformiranoj kristalnoj rešetki grafena valja riješiti u okviru aproksimacije čvrste veze i potom napraviti valjani razvoj po malom parametru deformacije u okolini Diracovih točaka. Elemente tenzora deformacije koji se javljaju u jednoelektronskoj disperziji treba interpretirati kao efektivni pseudovektorski potencijal te dati njegovu potpunu analizu s obzirom na smjer generiranog efektivnog magnetskog polja i izračunati elastičnu energiju potrebnu za takvu konfiguraciju deformacije rešetke. Nadalje, treba istražiti dostupnu literaturu, znanstvene članke i mrežne baze podataka te naći i opisati najvažnije eksperimentalno opažene efekte generirane pseudomagnetskim poljima poput npr. Bohm-Aharonovog efekta, Landauove kvantizacije itd. Ambiciozniji student može u okviru diplomskog rada preuzeti i dio aktualnog istraživanja vezan uz formulaciju modela magnetskog proboja izazvanog pseudomagnetskim poljima u kemijski, ili "gating"-efektom dopiranom grafenu.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Anđelo Samsarov

Institucija: IRB

Naslov teme: Spektri kvazinormalnih modova za crne rupe

Sadržaj teme:

Uvid u većinu svojstava crnih rupa može se steći proučavanjem njihovih perturbacija, koje se opet mogu realizirati na više načina, bilo kao posljedica gravitacijskog urušavanja materije, bilo kao posljedica srašćivanja dviju crnih rupa, kao što je bio slučaj sa eksperimentom LIGO koji je urodio prvim opažanjem gravitacijskih valova ikada, ili jednostavno kao rezultat upada materije u supermasivnu crnu rupu. Jednom kada je pobuđena, crna rupa odgovara na perturbaciju na način da prolazi kroz fazu tzv. "trnuće zvonjave", tijekom koje započinje emisija gravitacijskih valova. U navedenom procesu, najdominantniju ulogu ima period prigušenih oscilacija tijekom kojeg dominiraju tzv. kvazinormalni modovi (KNM). "Kvazi" se ovdje odnosi na činjenicu da je sustav otvoren te stoga gubi energiju putem gravitacijskog zračenja. Tijekom diplomskog rada očekuje se da će student izučiti spektre kvazinormalnih modova najprije za neke nižedimenzionalne modele crnih rupa kao što je BTZ, a potom i za realistične astrofizičke modele kao što je Reissner-Nordström. U skladu i ovisno o interesima studenta, u planu je istražiti i utjecaj deformacije prostorvremena na KNM spektre crnih rupa. Za nalaženje relevantnih spektara koristit će se analitičke, te poluklasične i numeričke metode.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Zdravko Siketić

Institucija: IRB

Naslov teme: Primjena pozicijsko osjetljivih PIN dioda u EBS spektrometriji

Sadržaj teme:

Elastično raspršenje unatrag (eng. Elastic Backscattering Spectrometry, EBS) jedna je od metoda za dubinsko profiliranje elemenata koja se bazira na detekciji odbijenih brzih nabijenih čestica MeV-skih energija s jezgri atoma u meti. Eksperimentalni postav se sastoji od energijskog detektora kojim se bilježi energija i broj čestica raspršenih unatrag. Iz energije odbijene čestice, a na temelju kinematike raspršenja i gubitka energije po jedinici duljine, određuje se atomski broj jezgre s koje je primarna čestica raspršena, a iz broja raspršenih iona određuje se kolika je koncentracija tih jezgri na određenoj dubini. Kako bi EBS metoda bila efikasna, tj. kako bi se u kratkom vremenu sa što manjim intenzitetom snopa skupila dovoljna statistika u spektru, prostorni kut energijskog detektora mora biti što veći. Nažalost, s povećanjem prostornog kuta detektora, kut raspršenja više nije precizno definiran, te zbog kinematike raspršenja dolazi do kvarenja energijskog, a time i dubinskog, razlučivanja metode. Cilj ovog diplomskog rada je da se u EBS postavu konvencionalni poluvodički energijski detektor zamijeni s dvodimenzionalno (2D) pozicijsko osjetljivom PIN diodom. Pošto takav 2D detektor uz energiju ima mogućnost odrediti i poziciju (kut) raspršene čestice, postoji mogućnost korekcije kinematičkog energijskog širenja spektra. Razvojem sustava u kojem bi detektor bio vrlo blizu samog uzorka, koji se zrači s fokusiranim snopom iona (npr. H, He), drastično se može povećati i efikasnost same EBS metode. Diplomand bi sudjelovao u razvoju novog eksperimentalnog postava za detekciju raspršenih čestica (iona) pomoću 2D PIN diode, razvio bi metodu korekcije kinematičkih efekata za EBS metodu, te ispitao mogućnosti primjene razvijenog eksperimentalnog postava na mjerenja drugih kutno ovisnih procesa pri sudarima MeV-skih iona i materijala (npr. direktne nuklearne reakcije, Mottovo raspršenje, itd.).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Željko Skoko

Institucija: PMF

Naslov teme: Električni automobili

Sadržaj teme:

Električni automobili Električni automobil je onaj koji pokreće jedan ili više električnih motora, koristeći energiju koja je pohranjena u punjivim baterijama. Prvi električni automobil proizveden je 1880-ih godina i bili su popularni do početka 20. stoljeća kada je došlo do velikog razvoja motora s unutarnjim izgaranjem, električnim starterima i masovne proizvodnje vozila koje koriste "konvencionalna" goriva. Nakon 2008. dolazi do renesanse u proizvodnji električnih automobila zbog napretka u razvoju baterija, povećane brige oko zagađenja okoliša te porasta cijena nafte. U okviru diplomskog rada biti će obrađen povijesni razvoj i trenutno stanje kod električnih automobila. Poseban naglasak u radu biti će stavljen na tehnologiju izrade baterija koje se koriste kod električnih automobila.

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

Mentor: dr. sc. Željko Skoko

Institucija: PMF

Naslov teme: Kristali koji pružaju mehanički odziv na toplinsku pobudu

Sadržaj teme:

Ciljani dizajn materijala koji su stanju pružiti brz, reverzibilan i kontrolirani odziv na vanjsku (toplinsku ili svjetlosnu) pobudu nalazi se na samom vrhu modernih istraživanja u znanosti o materijalima. Termoodskočni materijali su oni kod kojih prilikom grijanja/hlađenja dolazi polimorfne fazne pretvorbe koja je toliko brza, energična i anizotropna da kristalu da kristali skaču na udaljenosti stotinu puta veće od njihovih dimenzija. Takvi materijali su izvrsni kandidati za proizvodnju "pametnih" medicinskih uređaja ili implantata, umjetnih mišića, biomimetičkih uređaja, nanoprekidača ili nanosenzora, no potpuni mehanizam ovog efekta još uvijek nije u potpunost razjašnjen. U okviru diplomskog rada proučavat će se sustav N'-(3,5-dikloro-2hidroksibenziliden) isonikotinohidrazid, te njegovi derivati s ciljem objašnjenja termoodskočnog efekta. Eksperimentalne tehnike koje će se koristiti u radu su rendgenska difrakcija u polikristalu i jediničnom kristalu, termodinamičke metode (DSC, TGA), spektroskopske metode (FTIR i Raman) te optička hot-stage mikroskopija.

Reference: 1. Skoko, Ž.; Zamir, S.; Naumov, P.; Bernstein, J. The Thermosolient Phenomenon. "jumping Crystals" and Crystal Chemistry of the Anticholinergic Agent Oxitropium Bromide. J. Am. Chem. Soc. 2010, 132 (40), 14191-14202. 2. Lončarić, I.; Popović, J.; Despoja, V.; Burazer, S.; Grgičević, I.; Popović, D.; Skoko, Ž. Reversible Thermosolient Effect of N'-2-Propylidene-4-Hydroxybenzohydrazide Accompanied by an Immense Negative Compressibility: Structural and Theoretical Arguments Aiming toward the Elucidation of Jumping Phenomenon. Cryst. Growth Des. 2017, 17 (8), 4445-4453.

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

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Brzina neutralne čestice u neutralnoj tekućini pod električnim poljem

Sadržaj teme:

Kada u neutralnu polarnu tekućinu, kao što je voda, stavimo neutralnu kuglicu značajno veću od molekula tekućine (bjelančevina, vezikula i sl.) koja s tim molekulama međudjeluje kroz Lennard-Jonesov efektivni potencijal, te narinemo električno polje koje ne međudjeluje s kuglicom, kuglica se počne gibati nekom nanosnom brzinom (eng. drift velocity) suprotna smjera od smjera električnog polja, usprkos intuiciji koja bi pretpostavila da će kuglica mirovati. To je i potvrđeno nizom naših molekulsko-dinamičkih simulacija u paketu GROMACS [1]. Također, ukoliko je kuglica mekana, u električnom polju će se blago izobličiti [2]. Cilj rada je teorijski izračunati nanosnu brzinu kuglice u ovakvom sustavu za stalno i izmjenično električno polje, odrediti rad koji se troši za izobličenje kuglice te istražiti biološke, kemijske i tehničke primjene mehanizma i dobivenih rezultata.

Napomena. Diplomski rad, po želji studenta, moguće je izraditi i na Friedrich-Alexander Sveučilištu u Erlangenu.

[1] Miličević, Z., Marrink, S. J., Smith, A.-S. i Smith, D., J. Mol. Model. 20, 2359, 2014. [2] Aranda, S., Riske, K. A., Lipowsky, R. i Dimova, R., Biophys. J. Biophys. Lett. 95(2), L19, 2008.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Dinamika difuzije površinom stanične membrane

Sadržaj teme:

Budući da je stanična membrana složena struktura, difuzija čestica po njoj površini uvjetovana je mnoštvom međudjelovanja s drugim česticama i čestičnim nakupinama, međudjelovanjem čestice s membranom i membrane s okolinom, te fluktuacijama membrane, a uz to su povratno svi ovi mehanizmi uvjetovani i difuzijom po membrani. Stoga je difuzija u membrani anomalna, što potvrđuje i niz eksperimenata. Ipak, ne postoji mikroskopski model koji bi jasno povezao ove mehanizme s anomalnom difuzijom. U ovom radu cilj je (1) simulirati difuziju u membrani kao dvodimenzijski Monte-Carlo nasumični hod na rešetci u kojem se čestice vežu i odvezuju za rešetku i međusobno, pri čemu vezanje dinamički mijenja okolinu veznog mjesta i ometa difuziju vezane čestice. Rezultati simulacija pružit će osnovu za (2) izgraditi ili nadograditi teorijski model kojim će se opisati plošna difuzija u staničnoj membrani.

Napomena. Diplomski rad, po želji studenta, moguće je izraditi i na Friedrich-Alexander Sveučilištu u Erlangenu.

[1] Bihl, T., Seifert, U. i Smith, A.-S., New J. Phys. 18, 083016, 2015.

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

Mentor: dr. sc. Vernesa Smolčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Planetary Radio Interferometry and Doppler Experiment (PRIDE) Applications to Orbiters and Landers

Sadržaj teme:

Supervisor: Leonid Gurvits, JIVE Co-supervisor: Vernesa Smolčić

PRIDE: the Planetary Radio Interferometry and Doppler Experiment (Duev, 2012) is an initiative by the Joint Institute for VLBI ERIC (JIVE) providing ultra-precise estimates of spacecraft state vectors (spatial coordinates and velocities) as a function of time, utilizing phase-referenced VLBI tracking and radial Doppler measurements. This method is applicable to any radio-emitting spacecraft, and the results can be used in a plethora of disciplines from planetary science to high-precision celestial mechanics, gravimetry and fundamental physics. The quality of the Doppler data from the single European VLBI Network (EVN) antennas is comparable to closed-loop Doppler data obtained by dedicated deep space tracking systems like NASA's Deep Space Network and ESA's Estrack (Bocanegra et al 2017), proving that PRIDE data could enhance the science return of missions not initially designed for radio science experiments. As such, PRIDE has been selected by ESA to provide high-precision positional measurements for the Jupiter ICy moons Explorer mission (JUICE) launching in 2022. Moreover, in 2020, ESA's ExoMars lander will be on Mars, allowing for high resolution positional measurements on the Martian surface. Further in the future, NASA spacecraft Europa Clipper will be operational at the same time as ESA's JUICE mission, opening new possibilities for studying the Jupiter system. Presently, we can observe two active Mars orbiters, Mars Express and the ExoMars Trace Gas Orbiter to further improve the precision of the PRIDE technique. The work will involve data reduction from past and planning future PRIDE observations performed by the European VLBI Network telescopes, including imaging and analysis of reconstructed spacecraft trajectories, bridging the interdisciplinary gap between astronomy and planetary science.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Denis Sunko

Institucija: PMF

Naslov teme: Valne funkcije identičnih čestica

Sadržaj teme:

Valne funkcije se obično shvaćaju sa stajališta funkcionalne analize, kao vektori u Hilbertovom prostoru kvantnih stanja. Međutim, čim je broj identičnih čestica veći od jedan, pojavi se i specifična algebarska struktura, po kojoj je isti Hilbertov prostor graduirana algebra nad prstenom simetričnih polinoma. Već i veoma mali primjeri 2-4 čestice otvaraju niz zanimljivih pitanja međudnosa ta dva načina gledanja. Ovisno o afinitetu i predznanju studenta, u diplomskom radu bi se načelo neko od tih pitanja, možda i na razini samo jednog konkretnog primjera. Moguća pitanja uključuju: (1) klasifikaciju generatora algebre s obzirom na permutacije (preimenovanja) Kartezijevih osi; (2) korištenje algebarske strukture za nalaženje "dobrih" varijacionih funkcija; (3) vizualizaciju nodalnih hiperploha, tj. geometrijskih mjesta točaka gdje mnogočestična valna funkcija iščezava; (4) reinterpetaciju poznatih valnih funkcija oscilatora ili lakih atoma s algebarske točke gledišta.

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

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 termičke fluktuacije iznosa kT mogu pobuditi mnoštvo mikroskopskih (kvantnih) stanja. Pobuđenjima tih stanja 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 slučaja do slučaja, a odnose se na niz zanimljivih i tehnološki važnih stanja materije na niskim temperaturama: supravodljivost, supratekućost helija, kvantni Hallov učinak, Bose-Einsteinova kondenzacija teških atoma, no i "obični" elektronski plin u metalima je u stvari kvantna tekućina, koja tek zbog nekih slučajnosti isprva ne izgleda neobično. Ovo otvara mogućnosti diplomskih radova naizgled različitih usmjerenja, a koje ujedinjava to svojstvo kvantne mehanike, da veliko mnoštvo čestica može zajedno činiti jedno stanje gibanja, u kojem nema trenja.

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

Mentor: dr. sc. Suzana Szilner

Institucija: IRB

Naslov teme: Neutronske bogate teške jezgre

Sadržaj teme:

Osnovna tema ovoga rada bilo bi proučavanje neutronske bogate jezgre oko dvostruko magične jezgre ^{208}Pb . U laboratorijima je posebno teško prizvesti ove vrlo teške neutronske bogate jezgre, pa su i informacije o strukturi tih jezgara vrlo rijetke. U radu bi se proučila mogućnost proizvodnje tih jezgara upotrebom reakcija prijenosa mnogo nukleona uz upotrebu radioaktivnih snopova. U okviru diplomskog rada planira se analiza podatke mjerenja sudara $^{94}\text{Rb} + ^{208}\text{Pb}$ izmjenjenog na postrojenju ISOLDE, CERN. Analiza podataka izvršila bi se upotrebom standardnih programskih paketa ROOT, trenutno najboljim alatom za obradu mjerenja nuklearne i čestične fizike općenito. Glavni cilj je preko karakterističnih elektromagnetskih prijelaza prepoznati neutronske bogate izotope olova i žive, te usporedbom s reakcijskim modelima zaključiti o mogućnosti proizvodnje teških neutronske bogate jezgare reakcijama prijenosa nukleona.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Suzana Szilner

Institucija: IRB

Naslov teme: Prijenos koreliranih parova nukleona

Sadržaj teme:

Osnovna tema rada ovoga rada bilo bi proučavanje prijenosa nukleona u sudarima teških jezgara kako bi se utvrdilo da li dolazi do prijenosa koreliranih nukleona i da li se opaža povećanja udarnog presjeka za prijenos parova nukleona. Povećan prijenos parova (bozona) nukleona u odnosu na prijenos nezavisnih nukleona (fermiona) može se razmjeti i kao nuklearna supravodljivost. U okviru diplomskog rada planira se analiza podatke mjerenja teškoionskih sudara $206\text{Pb}+118\text{Sn}$, $116\text{Sn}+60\text{Ni}$ i $92\text{Mo}+54\text{Fe}$, te izvrednjavanje funkcije pobuđenja za kanale prijenosa jednog i dva nukleona u području energija oko kulonske barijere. Mjerenja su napravljena na magnetskom spektrometru PRISMA u akceleratorском centru u Padovi, te će analiza ovih podataka omogućiti upoznavanje s najmodernijim tehnikama detekcije teških iona. Analiza podataka izvršila bi se upotrebom standardnih programskih paketa ROOT. Glavni cilj ovog rada je provjeriti slaganje između izmjerenih funkcija pobuđenja i onih predviđenih nuklearnim modelima za prijenos nezavisnih nukleona, kako bi se iz ove usporedbe moglo zaključiti o važnosti prijenosa koreliranih nukleona.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Zoran Škoda

Institucija: IRB

Naslov teme: Faktorizacijske algebre u kvantnoj teoriji polja

Sadržaj teme:

Tradicionalni pristup rigoroznoj kvantnoj teoriji polja (Haag-Kastler 1964) je u terminima algebri lokalnih observabli u otvorenim područjima prostora-vremena. Taj pristup je doveo do raščišćavanja niza principijelnih pitanja, ali je dao samo nekoliko dokazanih primjera. S druge strane, konformna teorija polja i topološka teorija polja dale su niz rigoroznih primjera koje bismo također željeli promatrati kao slučajeve neke opće aksiomatike kvantne teorije polja. Konformna teorija polja se obično matematički tretira u terminima teorije algebri vršnih operatora (engl. vertex operator algebras), što je pristup koji na žalost izbjegava geometriju. Beilinson i Drinfeld su stoga razvili drugu varijantu te teorije uvodeći tzv. faktorizacijske algebre observabli u jeziku algebarske geometrije. Kevin Costello je u razradi renormalizacije u pristupu Batalina i Vilkovskog pokazao kako nešto različita varijanta pojma faktorizacijskih algebri može služiti i za rigoroznu formulaciju perturbativnih kvantnih teorija polja, što barem na nivou razvoja po Planckovoj konstanti daje čitav niz rigoroznih primjera (ostaje naravno problem konačnosti tih asimptotskih razvoja). Costellov formalizam u renormalizaciji je fizikalno varijanta Wilsonovog pristupa renormalizaciji, a matematički uspješno unosi elemente homotopske algebre i geometrije u razumijevanje regularizacije i renormalizacije. Status raznih klasa primjera i odnosa s klasičnijim pristupima je trenutno vrlo aktivno područje. Cilj ovog diplomskog je najprije napraviti pregled moderne varijante pristupa Batalina i Vilkovskog renormalizaciji, oslanjajući se najviše na Costella, razumjeti konstrukciju i ulogu faktorizacijskih algebri u nedavnoj reformulaciji te teorije, a potom u dogovoru s mentorom izabrati par standardnih primjera kvantnih teorija polja u kojima još pristup preko faktorizacijskih algebri nije (dovoljno) razvijen ili usporedba s klasičnim pristupom nije dovoljno eksplicitna i istraživački razjasniti te primjere na nivou diplomskog rada.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tatjana Šuš

Institucija: IRB

Naslov teme: Proučavanje ovisnosti ponašanja čipova silicijskog piksel detektora eksperimenta CMS o ozračivanju

Sadržaj teme:

CMS detektor jedan je od četiri velika detektora na Velikom hadronskom sudarivaču na CERN-u. Prvi slojevi detekcije sastoje se od tzv. silicijskih piksel detektora. Radi se o fino segmentiranim pločicama silicija debljine oko 300 mikrometara. Čip za iščitavanje signala spojen je na silicijski senzor preko kuglice indija te ima dvadesetak parametara koji se mogu podešavati.

Zbog zračenja kojem su izloženi u eksperimentu CMS, ponašanje čipova mijenja se s vremenom, što zahtijeva ponovnu optimizaciju njihovih parametara.

U okviru diplomskog rada, na Institutu Ruđer Bošković provest će se ozračivanje čipova kobaltnim izvorom (Co-60) u nekoliko koraka, te će se za svaku vrijednost apsorbirane doze proučiti promjena ponašanja čipova u laboratorijskom postavu.

Poželjno je dobro vladanje engleskim jezikom te osnovno poznavanje programskog jezika Python.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Povezivanje supravodiča s topološkim materijalima

Sadržaj teme:

Topološki zaštićeni površinska i rubna stanja u blizini supravodiča nude uzbudljive mogućnosti za stvaranje niza novijih nanotehnoloških spintronijskih i elektroničkih uređaja. No, kvalitetno povezivanje topoloških materijala sa supravodičima nije trivijalno. Jedna od mogućnosti je da se supravodljivost može „upisati“ u materijal, dopiranjem s rezolucijom litografije s elektronskim snopom. Topološki materijal s mogućnošću „pisanja“ supravodljivosti pruža potencijalno obećavajuću platformu za realizaciju niza topološki zaštićenih supravodljivih uređaja koje je trenutno teško ili nemoguće realizirati. U ovom radu su predviđena istraživanja elektronskih transportnih i magnetotransportnih svojstava specijalno proizvedenih nanostrukture u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 0.3 K do 300 K. Studenti će se u ovom radu upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenje magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Tranzistor s ionskom tekućinom

Sadržaj teme:

U novije vrijeme ostvaren je značajan napredak u elektrostatskom dopiranju izolatora pomoću ionskih tekućina. Posebno su zanimljivi izolatori STiO_3 i KTaO_3 perovskitne strukture, kod kojih je elektrostatskim dopiranjem ostvarena dobra vodljivost s visokom pokretljivošću elektrona, te supravodljivost na vrlo niskim temperaturama. Cilj rada je istražiti utjecaj elektrostatskog dopiranja pomoću ionske tekućine na svojstva tih i sličnih materijala. Predviđa se postavljanje električnih kontakata na uzorak istraživanih materijala, koji bi predstavljali izvor i odvod, a vrata bi bila ostvarena preko ionske tekućine, te bi tako bio realiziran tranzistor. Također se predviđa sastavljanje programa za mjerenje i kontrolu eksperimenta (unutar postojećeg programskog paketa s grafičkim sučeljem), vršenje mjerenja strujno-naponskih karakteristika, te teorijsko objašnjenje opaženih pojava.

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

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Supravodljivost u slitinama visoke entropije

Sadržaj teme:

Većina konvencionalnih slitina sastoji se od jednog, ili u rijetkim slučajevima dva, osnovna metala kojima se dodaju male količine drugih metala i/ili nemetala kako bi se poboljšala njihova svojstva. U posljednjih nekoliko godina veliku pažnju pak privlači novi tip slitina, tzv. slitine visoke entropije (eng. High-entropy alloys - HEA). Ove slitine su građene od velikog broja (≥ 5) elemenata u približno ekvimolarnom omjera. Ovakva građa otvara potencijal za istraživanje velikog broja novih slitina raznih struktura i svojstava. U ovom radu predviđena su mjerenja promjene električnog otpora s temperaturom, električnog otpora u magnetskom polju (magnetootpora) i Hallvog efekta u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 0.3 K do 300 K, za izabrane slitine visoke entropije. Rezultati mjerenja će nam omogućiti određivanje temperature supravodljivog prijelaza, njene ovisnosti o magnetskom polju, koncentracije nosioca naboja, njihove pokretljivosti i drugih važnih elektronskih parametara. Studenti će se u ovom radu upoznati s eksperimentalnom aparaturom za mjerenje magnetotransportnih svojstava na niskim temperaturama, te s mjerenjem i kontrolom eksperimenta pomoću računala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Kaotične oscilacije u nelinearnom električnom titrajnom krugu

Sadržaj teme:

Uvođenjem nelinearnog elementa (npr. diode) u električni titrajni krug, moguće ga je dovesti u režim kaotičnih oscilacija. U ovom radu predviđa se slaganje električnog titrajnog kruga na ploči i izbor optimalnih elemenata za postizanje kaotičnih oscilacija. Također se predviđa sastavljanje programa za mjerenje i kontrolu eksperimenta (unutar postojećeg programskog paketa s grafičkim sučeljem), vršenje mjerenja, prikupljanje podataka s digitalnog osciloskopa, analiza eksperimentalnih podataka korištenjem FFT-a, te teorijsko objašnjenje opaženih pojava.

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

Mentor: dr. sc. Milivoj Uroić

Institucija: IRB

Naslov teme: Aktivacija brzim neutronima i raspad neparno-neparnih nuklida

Sadržaj teme:

U ovom radu proučavat će se aktivacija elemenata brzim 14 MeV-skim neutronima iz neutronske generatore (D-T reakcija). Putem (n,2n) nuklearnih reakcija na elementima neparnog atomskog broja stvorit će se kratkoživući neparno-neparni nuklidi čiji gama-spektar i raspad će se mjeriti HPGe detektorom. Rad podrazumjeva i praktičnu izvedbu mjerenja na Institutu Ruđer Bošković.

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

Mentor: dr. sc. Silvije Vdović

Institucija: IFS

Naslov teme: Ultrabrza tranzijentna apsorpcija fotokoemijskih reakcija

Sadržaj teme:

U tipičnom postavu za tranzijentnu apsorpciju pomoću femtosekundnih laserskih pulseva na uzorak se šalju dva laserska pulsa, s točno definiranim međusobnim vremenskim razmakom. Prvi, pumpni, pobuđuje sustav, pokreće kemijsku reakciju odnosno foto-aktiviranu dinamiku molekule. Drugi, probni puls, ispituje trenutnu apsorpciju formiranog tranzijentnog stanja. Detaljnom analizom apsorpcijskih spektara za određeni vremenski interval moguće je raspoznati ultrabrznu dinamiku sustava. Eksperimentalni postav u Laboratoriju za femtosekundnu spektroskopiju Instituta za fiziku omogućava pobudu sustava ultrakratkim pulsevima u UV području valnih duljina gdje apsorbiraju i brojne biološki važne molekule. Kroz izradu diplomskog rada student bi se upoznao s detaljima metode te bi sudjelovao u mjerenjima fotofizičkih i fotokemijskih svojstava imida primjenjivih u sintezi potencijalno biološki aktivnih kompleksnih spojeva.

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

Mentor:	dr. sc. Damir Veža	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Predlagatelj: Prof. dr. Damir Veža Naslov: „Izboj s dielektričnom barijerom“ Prikladno za smjer: svi nastavnički smjerovi		
Sadržaj teme:	U prvom dijelu diplomskog rada student će prikazati povijesni razvoj standardnih izboja u plinovima i/ili parama metala, te izboja s dielektričnom barijerom (DBD, dielectric barrier discharge). U drugom dijelu student će proučiti i objasniti fizičke osnove i svojstva najvažnijih vrsta izboja s dielektričnom barijerom (različite konstrukcije, različiti radni plinovi, itd). U trećem dijelu bit će prikazana najzanimljivija područja primjene DBD.		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Bojan Vršnak	Institucija:	GEO
Naslov teme:	3D model predviđanja naleta Sunčevih oluja na Zemlju		
Sadržaj teme:	Koronini izbačaji, popularno zvani Sunčevim olujama, najintenzivniji su eruptivni procesi u Sunčevom sustavu te mogu imati dalekosežne neželjene posljedice po modernu zemaljsku i svemirsku tehnologiju. Stoga je predviđanje njihova eventualnog naleta na Zemlju jedan od najvećih izazova tzv. «svemirske prognostike» (eng. Space Weather). U zadnjih nekoliko godina razvijeni su mnogobrojni modeli predviđanja naleta Sunčevih oluja na Zemlju, među kojima se ističe analitički 2D model temeljen na fizici magnetohidrodinamičkog otpora (eng. Drag-based model, DBM). U sklopu radnje, DBM bit će unaprijeđen u 3D model te će rezultati biti uspoređeni sa drugim modelima i opažanjima.		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike		

Mentor:	dr. sc. Bojan Vršnak	Institucija:	GEO
Naslov teme:	3D rekonstrukcija Sunčevih oluja na temelju koronagrafskih opažanja		
Sadržaj teme:	Sunčeva oluja popularan je naziv za koronin izbačaj – eksplozivnu erupciju magnetoplazme u Sunčevoj koroni. Nalet koroninog izbačaja na Zemlju uzrokuje dramatične poremećaje u bliskom svemirskom okolišu, Zemljinoj atmosferi i na Zemljinoj površini. Ovi poremećaji predstavljaju ozbiljnu prijetnju modernoj tehnologiji, kako u svemiru, tako i na tlu. Najmodernija satelitska opažanja visokog razlučivanja ukazuju kako je jezgra koroninog izbačaja ustvari semi-toroidalno usukano magnetsko ustrojstvo, tj. plazmena struktura u kojoj su magnetske silnice „omotane“ oko središnje osi. Iako se ovakve strukture izravno opažaju samo u 2D snimkama optičkih teleskopa, kombinacijom dva ili više prikaza iz različitih smjerova, moguća je njihova 3D rekonstrukcija. Cilj ovoga rada je izvedba i analiza 3D-rekonstrukcije ustrojstva koroninog izbačaja na temelju koronagrafskih i EUV opažanja sa svemirskih misija STEREO-A, STEREO-B, SOHO te SDO. Rad će se izvesti u suradnji sa Institutom za fiziku Sveučilista u Grazu.		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike		

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Precizna tehnika za kvantitavno određivanje veličine laserske zrake u fokusu konfokalnog mikroskopa

Sadržaj teme:

Moć razlučivanja optičkog mikroskopa jedna je od najvažnijih karakteristika mikroskopa. Ona utječe na mogućnost razlikovanja dvije bliske točke na uzorku kojeg promatramo. Iz Abbeove jednadžbe proizlazi da je lateralna rezolucija, kao i aksijalna, određena valnom duljinom upadne svjetlosti, indeksom loma i numeričkom aperturom (N.A.) leće objektiva kao i prostornom raspodjelom intenziteta zrake u žarišnoj daljini leće. Za potrebe visokorazlučive spektroskopije, poželjno je koristiti lasersku zraku, čiji prostorni profil zrake odgovara Gaussovom profilu i koji se ne mijenja duž puta propagacije lasera (TEM₀₀). U stvarnosti, niti jedan laserski izvor ne postiže takav nivo idealne propagacije kroz medij, pogotovo ne kroz optičke komponente koji su sastavni dio eksperimentalnog postava.

U ovom diplomskom radu postaviti će se eksperimentalni postav kojim će se omogućiti mjerenje divergencije laserskog profila te mjerenje (sub)mikronskog promjera snopa laserskog zračenja nakon objektiva kod konfokalnog skenirajućeg mikroskopa u Laboratoriju za lasersku mikroskopiju na Institutu za fiziku. Konfokalni skenirajući mikroskop dio je eksperimentalnog postava za ispitivanje optičkih svojstava 2D materijala. Informacija o veličini promjera zrake u fokusu objektiva ključan je parametar u daljnjoj izgradnji skenirajućeg mikroskopa za potrebe optičkog preslikavanja uzorka.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izradi eksperimentalnog postava za mjerenje laserskog profila, uz pomoć doktorskog studenta i mentorice. Student/studentica bi se upoznao/upoznala s eksperimentalnim postavom za konfokalnu mikroskopiju, usvojio/usvojila bi osnove rada s takvim uređajem, vještinu automatiziranog prikupljanja i obrade eksperimentalnih podataka te vještinu interpretacije eksperimentalnih rezultata.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Ispitivanje niskoenergetskih Raman modova u heterostrukturama dihalogenida prijelaznih metala

Sadržaj teme:

Jednoslojni poluvodički materijali iz porodice dihalogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs) privlače pažnju i veliki interes istraživačke zajednice zbog svojih jedinstvenih fizikalnih svojstava poput postojanja direktnog energetskog procjepa u blizini vidljivog i infracrvenog dijela spektra, zbog čega mogu prilično efikasno apsorbirati i emitirati svjetlost. Dvodimenzionalni (2D) materijali iz porodice TMDs-a mogu se prikazati općenitom formulom MX_2 , pri čemu M predstavlja neki od prijelaznih metala (Mo, W, itd.), a X jedan od elemenata iz porodice halkogenida (S, Se, Te, itd.). Ukoliko se iz više različitih jednoslojnih materijala (primjerice jednosloja MoS_2 i WS_2) počnu graditi vertikalne slojevite strukture nastaju tzv. van der Waalove (vdW) heterostrukture. Van der Waalove heterostrukture predstavljaju bogatu kolekciju materijala koji se zbog svojih novih fizikalnih svojstava (primjerice, efikasnog razdvajanja elektrona i šupljina) mogu iskoristiti u poluvodičkoj industriji i imati važnu ulogu u proizvodnji brzih elektroničkih i efikasnih fotovoltaičkih uređaja. U okviru ovog diplomskog rada istraživala bi se interakcija vezanja slojeva u heterostrukturama pomoću ispitivanja niskoenergetskih Raman modova.

Za izvođenje niskoenergetske Raman spektroskopije koristit će se postojeći eksperimentalni postav za Raman spektroskopiju baziran na konfokalnom mikroskopu kućne izvedbe, uz male modifikacije. S obzirom da su nisko-energetski Raman modovi pomaknuti od nekoliko inverznih centimetara (cm^{-1}) do nekoliko desetaka inverznih centimetara (cm^{-1}) od pobudne laserske energije, intenzitet elastično raspršenog laserskog svjetla mora biti još reduciran za nekoliko redova veličina. Stoga, umjesto standardnog niskofrekventno propusnog filtera koristiti će se set od četiri difrakcijske rešetke (volumne Braggove rešetke) koje služe kao optički filteri s izrazito uskim širinama linije.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izradi eksperimentalnog postava za mjerenje niskoenergetskih Raman spektara, s mogućnošću mapiranja uzoraka i automatskog prikupljanja podataka kao i u mjerenjima i analizi eksperimentalnih podataka. Nadograđenim Raman spektrometrom izmjerit će se niskofrekventni Raman spektri vdW heterostrukture, u ovisnosti o konfiguraciji slaganja te međusobnoj rotaciji slojeva vdW heterostrukture.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tomislav Vuletić

Institucija: IFS

Naslov teme: Interakcija amfifilnih supramolekularnih struktura sa DNA

Sadržaj teme:

Interakcija lipidnih struktura (vezikule, (dvo)slojevi, cijevi...) sa DNA se istražuje budući su ti kompleksi dobar odabir za isporuku biofarmaka, pa čak i genetskog materijala u stanicu. U sklopu suradnje s kolegama iz Centra za istraživanje i prijenos znanja u biotehnologiji, Sveučilišta u Zagrebu nastavljamo istraživanje fizikalno-kemijskih uvjeta u kojima amfifilne membrane funkcionalizirane adamantan-gvanidinom Coulombski interagiraju sa DNA. Diplomant bi u Zagrebu radio na uređajima FCS (fluorescencijska korelacijska spektroskopija) i QCM-D (kvarcna mikrovaga). Sa FCSom bi mjerio koeficijent difuzije fluorescentno obilježenih fragmenata DNK u vodenom mediju i u kompleksu s amfifilnim supramolekularnim strukturama. Nadamo se kako će biti moguće detektirati difuziju u 2 dimenzije, budući bi difuzija DNA fragmenata trebala biti ograničena na prostor između dvosloja. Difuzija bi trebala ovisiti i o koncentraciji DNA fragmenata. Otvorena je i mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama. Više informacija na <http://soft.ifs.hr>

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

Mentor: dr. sc. Tomislav Vuletić

Institucija: IFS

Naslov teme: Nanopore

Sadržaj teme:

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. DNK i proteini se mogu detektirati i pri prolazu kroz nanopore (dijametar 3-20 nm) u membrani materijala kao što su grafen, MoS₂ ili SiNx.

Rad na nanoporama se odvija u sklopu suradnje sa EPFL, Lausanne, Švicarska, <http://ben.epfl.ch/> i u sklopu aktivnosti Jedinice za Grafen i 2D materijale Znanstvenog centra izvrsnosti, G2D/CEMS <http://cems.irb.hr/hr/research-units/the-science-of-graphene-and-related-2d-structures/>. Nanopore se u Zagrebu proizvode metodom dielektričnog proboja membrana. Iskorak na kojem radimo vezan je na način ugradnje membrana u polimerne nosače i otvaranje pristupnih otvora u polimeru ozračivanjem pojedinim teškim ionima na ionskoj mikroprobi na IRBu. Diplomand bi radio na sintezi 2D materijala (chemical-vapour deposition-CVD), skidanju materijala s podloge (lift-off), nanošenju polimera (spin-coating) i otvaranju (diel.breakdown) i karakteriziranju nanopora po ozračivanju ionima. Karakterizacija se izvodi praćenjem translokacija DNK molekula kroz nastale pore. Otvorena je mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vinko Zlatić

Institucija: IRB

Naslov teme: Strojno učenje u fizici čvrstog stanja i statističkoj fizici

Sadržaj teme:

Strojno učenje nalazi svoje primjene u svim znanostima, pa tako i u fizici. Teorija funkcionala gustoće je najraširenija metoda za teorijsko istraživanje materijala na atomskoj skali jer pruža odličnu točnost uz umjerenu računalnu zahtjevnost. Međutim, proučavanje dinamičkih procesa pomoću teorije funkcionala gustoće je najčešće nemoguće jer potrebni računalni resursi postaju preveliki. S razvojem stajnog učenja postalo je moguće naučiti potencijalnu energiju sustava za proizvoljnu konfiguraciju na temelju dovoljnog broja izračunatih potencijalnih energija za odabrane konfiguracije [1]. Izvrednjavanje tako naučene potencijalne energije je par redova veličine brže od računa pomoću teorije funkcionala gustoće, što omogućava simuliranje velikih sustava tijekom relativno dugog vremena. U okviru ove teme, planira se naučiti potencijalna energija za neki kompleksan sustav poput molekule adsorbirane na metalnoj površini, te na temelju te potencijalne energije simulirati dinamiku sustava. Ukoliko student bude imao dovoljno vremena, pokušati će iskoristiti strojno učenje na problemu detekcije faza materije [2]. Otvoreno je pitanje na koji način "deep learning" algoritmi doista rade tj. da li oni predstavljaju samo vrlo kompliciranu regresiju u n-dimenzionalnom prostoru ili mogu generalizirati koncepte projekcijom na prostor podataka niže razine. Mogući put za razumijevanje tog pitanja može se naći u fizici. Različiti hamiltonijani mogu pripadati u istu klasu univerzalnosti. Ukoliko algoritam dubinskog učenja istreniran na jednom modelu može dati dobre odgovore bez učenja na drugom modelu koji pripadaju istoj klasi univerzalnosti, to znači da je algoritam uspio svesti ponašanje sustava na relacije skaliranja i značajno pojednostaviti reprezentaciju sustava – što bi bio argument u korist druge hipoteze. Za ove potrebe koristili bi usporedbu cluster Ising modela i dimmerized Kitaev chain. Oba ova modela su 1 D, oba pripadaju istoj klasi univerzalnosti i oba imaju $Z_2 \times Z_2$ simetriju.

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

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Modeliranje mrtvog vremena detektora numeričkim simulacijama

Sadržaj teme:

Mrtvo vrijeme detektora određeno je vremenskim intervalom nakon pojave signalnog pulsa, tijekom kojeg se dodatni pulsevi ne mogu razlučiti od početnoga, što u uvjetima visoke gustoće događaja dovodi do značajnog gubitka detektiranih pulseva. Iako postoje jednostavni analitički modeli za korekciju ovog efekta, oni su često primjenjivi jedino u slučaju niske ili umjerene gustoće pulseva. Cilj diplomskog rada je istražiti utjecaj mrtvog vremena na detekciju događaja numeričkim simulacijama. Ovisno o napretku studenta, rješavanje problema može se proširiti i na računalnu simulaciju stvarnih signala kakvi se pojavljuju u nuklearnoj elektronici, uz implementaciju "punokrvnih" metoda obrade signala te proučavanje mrtvog vremena u kontekstu stvarnog sustava obrade signala.

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

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Rekonstrukcija angularne distribucije nuklearnih reakcija

Sadržaj teme:

Motiviran detekcijom nabijenih čestica iz nuklearnih reakcija, cilj diplomskog rada je istražiti stabilnost numeričke rekonstrukcije angularne distribucije izlaznih čestica, iz ograničenog skupa mjerenih podataka. Kao izvor podataka poslužit će kontrolirane Geant4 simulacije. Od studenta se očekuje da se tijekom izrade diplomskog rada upozna s objektnim programiranjem u C++ programskom jeziku i osnovama Geant4 programskog paketa, što će primjeniti u izradi funkcionalne Geant4 simulacije. Rezultate simulacija treba analizirati s ciljem ekstrakcije željenih podataka, u ovom slučaju angularne distribucije izlaznih produkata reakcije.

Smjerovi: fizika (istraživački)