

Prijedlozi tema za diplomske radove u 2017.

Mentor: dr. sc. Darko Androić

Institucija: PMF

Naslov teme: Spektrometar neutralnih čestica

Sadržaj teme:

Programi preciznih mjerenja distribucije partonskih komponenti (valentnih i virtualnih kvark-antikvark parova) unutar protona već više od desetljeća provodi se na Thomas Jefferson National Accelerator Facility u okviru različitih Hall C kolaboracija spektrometrima visoke razlučivosti impulsa nabijenih čestica (HMS SHMS) i polariziranim elektronskim snopovima visoke energije (6 i 12 GeV). Ovako postavljena precizna mjerenja u pravilu predstavljaju testove standardnog modela na niskim energijama i daju rezultate komplementarne istraživanjima fizike elementarnih čestica na velikim sudarivačima. U novoj generaciji preciznih mjerenja poopćenih partonskih distribucija značajnu ulogu igrat će spektrometar neutralnih čestica (neutralni pioni i gama čestice). Detekcija neutralnih visokoenergijskih čestica predstavlja novi izazov u dizajniranju detekcijskih sustava. Tijekom diplomskog rada očekuje se da student ovlada konceptima detekcije nabijenih čestica, te principima rada i rekonstrukcije neutralnih čestica u detektorima dizajniranim za njihovo mjerenje.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Oleg Antipin

Institucija: IRB

Naslov teme: Coleman-Weinberg mehanizam radijativnog narušenja simetrija

Sadržaj teme:

2012. godine su eksperimenti ATLAS i CMS na CERNu otkrili Higgsovu česticu, koja je odgovorna za narušenje elektroslabe simetrije i za generiranje masa elementarnih čestica. Međutim, mehanizam narušenja simetrija tek treba biti potvrđen. Jedna od mogućih realizacija je Coleman-Weinbergov mehanizam koji se postiže dodavanjem kvantne korekcije na Higgsov potencijal. Za provedbu ovog mehanizma s eksperimentalno izmjerenom masom Higgsove čestice, standardni model čestica i sila mora biti dopunjen novim česticama. Cilj diplomskog rada je izučiti Coleman-Weinbergov mehanizam, razumjeti njegove eksperimentalne provjere i na temelju njega izgraditi održivo poopćenje standardnog modela.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Aumiler

Institucija: IFS

Naslov teme: Generacija superkontinuumu u nelinearnom optičkom vlaknu

Sadržaj teme:

Generacija superkontinuumu je proces u kojem se laserska svjetlost pretvara u svjetlost vrlo velike spektralne širine, tj. širokopojasnu svjetlost. Širenje spektra lasera obično se postiže propagacijom laserskih pulseva kroz nelinearni medij. Kroz nelinearno međudjelovanje električnog polja pulsa laserske svjetlosti s medijem dolazi do procesa samofaznog moduliranja koji rezultira širenjem spektra laserske svjetlosti te u konačnici generacijom superkontinuumu. Tako dobivena laserska svjetlost može biti i po nekoliko stotina nanometara spektralno široka te se ponekad naziva i laserskom „bijelom svjetlošću“ ukoliko se koristi laser u vidljivom dijelu spektra. Općenito, generaciju superkontinuumu moguće je postići i u staklu ili vodi, ukoliko je dostupna laserska svjetlost odgovarajuće snage, kao što su npr. laserski pulsevi dobiveni pomoću femtosekundnog laserskog pojačala. Isti efekt moguće je postići i pri znatno nižim snagama lasera ukoliko se koristi medij s izraženom nelinearnošću odziva kao što je nelinearno optičko vlakno. U sklopu diplomskog rada istražiti će se spektar koji nastaje pri propagaciji femtosekundnih laserskih pulseva kroz nelinearno optičko vlakno. Izvršit će se karakterizacija superkontinuumu te istražiti utjecaj parametara laserske svjetlosti na dobiveni spektar. Posebno će se razmotriti mogućnost korištenja superkontinuumu za optičku stabilizaciju frekventnog češlja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Balog

Institucija: IFS

Naslov teme: Osnovno stanje neuređenog sustava

Sadržaj teme:

U mnogim granama fizike, matematike, informatike pa i sociologije, učestalo se javlja problem pronalaženja optimalne konfiguracije nekog kompleksnog sustava. Jedan primjer je problem projektiranja mreže prometnica u gradovima ili projektiranja optimalne arhitekture računalne mreže.

U ovom diplomskom radu fokusirat ćemo se na fizikalni problem, blisko povezan s navedenim primjerima. Radi se o jednodimenzionalnom Isingovom modelu s dalekodosežnim interakcijama u nasumičnom polju. Kompliciran problem nalaženja konfiguracije s minimalnom energijom može se riješiti pomoću numeričkog algoritma "min-cut-max-flow". Korištenjem gotovih programa student bi proučavao karakteristike osnovnih stanja ovoga sustava u ovisnosti o parametru dosega interakcije. Fizikalni argumenti nam otkrivaju koje su interesantne granice parametra dosega, jedna odgovara režimu s malim fluktuacijama, a druga režimu dominiranom fluktuacijama. Ono što želimo istražiti jest prijelaz između ta dva režima.

Znanje o nasumičnoj prirodi ovog fizikalnog modela, vrlo je primjenjivo kako u trenutnim fundamentalnim teorijskim istraživanjima kompleksnih sustava, tako i u mogućim tehnološkim primjenama.

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

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), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Optomehanika hladnih atoma uzrokovana femtosekundnim laserskim zračenjem

Sadržaj teme:

Mehaničko djelovanje laserskog zračenja kontinuirane emisije (cw) na atome predstavlja centralni dio istraživanja u području atomske fizike već zadnjih nekoliko desetljeća. Sila zračenja (ili Dopplerova sila) čini osnovu za lasersko hlađenje i uhvat atoma u stupicu, čime je omogućeno stvaranje dovoljno gustih oblaka hladnih atoma. U zadnjih petnaest godina nekoliko Nobelovih nagrada dodjeljeno je upravo za istraživanja u ovom području. Hladni atomi omogućili su stvaranje novih stanja materije, kao što su Bose-Einstein-ov kondenzat i degenerirani Fermijev plin, čime je utemeljeno jedno od najperspektivnijih i najproduktivnijih područja suvremene znanosti. Nasuprot opsežnom i dobro shvaćenom području cw laserom inducirane atomske optomehanike, istraživanja mehaničkog utjecaja uslijed interakcije s nizom ultrakratkih pulseva su oskudna. Štoviše, nedavna preliminarna mjerenja radijativne sile femtosekundnog zračenja na oblak hladnih atoma osporavaju prethodne teorijske modele, te ukazuju na potrebu za daljnim eksperimentalnim potvrdama. U sklopu diplomskog rada eksperimentalno će se istraživati radijativna sila femtosekundnog zračenja na oblak hladnih atoma zarobljenih u magneto-optičkoj stupici (MOT-u). Pri tome će se raditi na razvoju i uvođenju novih eksperimentalnih tehnika u drugu generaciju eksperimenta s hladnim atomima na Institutu za fiziku.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Hlađenje atoma optičkim frekventnim češljem

Sadržaj teme:

Lasersko hlađenje atoma vrlo je aktivno područje znanstvenog istraživanja. Danas se u znanstvenim laboratorijima već rutinski pripremaju hladni atomski plinovi ohlađeni na temperature od svega desetak mikroK, koji se koriste za testiranja kvantnih svojstava materije, mjerenje osnovnih fizikalnih konstanti, u metrologiji (atomske satovi), te kao početni sustav za stvaranje Bose-Einsteinovog kondenzata (BEC). Lasersko hlađenje bazira se na principu izmjene impulsa između svjetlosti i atoma. Sve dosadašnje realizacije hlađenja atoma laserom koriste lasere kontinuirane emisije. Tek se je nedavno eksperimentalno potvrdila mogućnost korištenja pulsnih lasera za realizaciju laserskog hlađenja. Radi se o laserima čije zračenje u vremenskoj domeni čini niz ultrakratkih pulseva, a spektar u frekventnoj domeni sastoji se od niza diskretnih i jednako udaljenih spektralnih linija, zbog čega je laser nazvan optički frekventni češalj. Primjene hlađenja atoma frekventnim češljem su velike, od jednostavnijih eksperimentalnih postava do istovremenog hlađenja nekoliko različitih atoma. U laboratoriju će se proučavati lasersko hlađenje atoma rubidija frekventnim češljem. Osim realizacije samog efekta, cilj je izmjeriti i karakterizirati minimalnu temperaturu atoma koja se može postići tom novom tehnikom hlađenja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

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] 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).

[2] P. Prelovšek, O. S. Barišić, M. Žnidarić, Absence of full many-body localization in the disordered Hubbard chain, Phys. Rev. B 94, 241104(R) (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: 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. Neven Žitimir Barišić

Institucija: PMF

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

Sadržaj teme:

Pojava visokotemperaturne supravodljivosti pokazala se jednim od najzbudljivijih 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 fermijevo 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 fermijeve 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), 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 homogenu. Od studenta se očekuje poznavanje Besselove diferencijalne jednadžbe i pripadnih Besselovih funkcija.

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

Mentor:	dr. sc. Mario Basletić	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Niskodimenzionalni i anizotropni sustavi - magnetotransport i Hallov efekt		
Sadržaj teme:	<p>U ovom radu proučavat će se magnetotransportna svojstva materijala karakteriziranih niskom dimenzionalnošću - sustavima u kojima je električna vodljivost ovisna o smjeru toka struje. Eksperimentalnim tehnikama koje uključuju mjerenje ovisnosti otpora o temperaturi ($300\text{mK} < T < 300\text{K}$), o magnetskom polju ($B < 18\text{T}$) i Hallovog efekta određivat će se bitni parametri koji opisuju osnovno stanje materijala. Tematika diplomskog rada usko je vezana za istraživački projekt HRZZa "Strongly Correlated Electrons in Layered Organics and Manganites: Low Frequency Excitations and Non-linear Dynamics" (više informacija: http://sceinlom.ifs.hr/).</p>		
Smjerovi:	fizika (istraživački)		

Mentor:	dr. sc. Mario Basletić	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Računalo u eksperimentu		
Sadržaj teme:	<p>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. 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.</p>		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Ivo Batistić	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Fizikalna ograničenja u minijaturizacija poluvodičkih elemenata		
Sadržaj teme:	<p>Radi se o diplomskoj radnji koja bi dala pregled dosadašnjih nastojanja u minijaturizacija elektroničkih elemenata (dioda, tranzistora, integriranih krugova, procesora, itd.) s osvrtom na Mooreov zakon, na fizikalne osnove, na tehnološke postupke i mogućnosti u postizavanju tog cilja. Jedan dio radnje bio bi posvećen i na fizikalna ograničenja koja se pri tome pojavljuju.</p>		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Ivo Batistić	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Materijali u jakom magnetskom polju		
Sadržaj teme:	<p>Radnja bi sadržavala izračun energijskih stanja (Landauovih razina) elektronskog plina u jakom magnetskom polju s osvrtom na Landauove razine za elektrone u periodičnom potencijalu kristalne rešetke, te na topološka stanja koja se pri tome pojavljuju.</p>		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor: dr. sc. Ivo Batistić	Institucija: PMF
Naslov teme: Kako izbor potencijala izmjene i korelacija utječe na rezultate elektronske strukture materijala i molekula.	
Sadržaj teme: Jedan od bitnih problema teorije funkcionala gustoće naboja (DFT) je nepoznavanje točnog potencijala izmjene i korelacija. Kao posljedica toga, postoji bezbroj različitih aproksimacija za koje nije sasvim jasno kada se i u kojim situacijama mogu ili ne mogu koristiti. Ovdje bi se nastojao dati jedan sistematski pregled kako izbor potencijala utječe na elektronsku strukturu za određenu skupinu jednostavnih molekula i/ili kristala.	
Smjerovi: fizika (istraživački)	

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović	Institucija: PMF
Naslov teme: Rendgenski spektri astrofizičkih molekula i materijala	
Sadržaj teme: Za diplomski rad je planiran račun rendgenskog spektra jedne strukture primjenom numeričkih metoda kvantne teorije funkcionala gustoće. Zanimaju nas strukture za koje se zna, ili se može pretpostaviti, da postoje u svemiru (astrofizičke molekule i kozmička prašina).	
Smjerovi: fizika (istraživački)	

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović	Institucija: PMF
Naslov teme: Istraživanje asteroida primjenom algoritama grupiranja u strojnom učenju	
Sadržaj teme: U ovom trenutku je poznato više od 725 000 asteroida. LSST (Large Synoptic Survey Telescope), koji će početi s radom 2022. godine, će povećati broj poznatih asteroida na oko 5 milijuna. Pri istraživanju asteroida dolazi se do vrlo velike količine podataka (Big Data) koji se moraju analizirati računalnim metodama. Zbog toga je razvoj metoda strojnog učenja (Machine Learning, ML) vrlo značajan za ovo područje. U diplomskom radu student će koristiti programski jezik Python i njegove biblioteke te neke od algoritama strojnog učenja u analizi asteroida u blizini Zemlje (Near Earth Asteroids, NEA) kojih sad ima oko 15 000. Svakog tjedna se otkrije oko 30 novih NEA.	
Smjerovi: prof. fizike i informatike	

Mentor:	dr. sc. Ivančica Bogdanović Radović	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Molekularno mapiranje materijala važnih u forenzici pomoću MeV SIMS metode		
Sadržaj teme:	Spektrometrija sekundarnih molekularnih iona pomoću iona MeVskih energija (MeV SIMS) u kombinaciji sa teškoionskom mikroprobom metoda je koja se koristi za 2D mapiranje molekularnog sastava u različitim uzorcima s mikronskom prostornom rezolucijom. U ovom radu istražio bi se potencijal metode za molekularno mapiranje materijala važnih u forenzici. Poseban naglasak biti će stavljen na detekciju otisaka prstiju i to na mogućnost detekcije otisaka na raznim površinama te određivanje redoslijeda depozicije otisaka i tinte na dokumentima.		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

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. 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. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Modeliranje i vizualizacija funkcija: primjena na raspršenje x-zračenja pod malim upadnim kutom u mali izlazni kut - GISAXS

Sadržaj teme:

Materijali bazirani na prostorno uređenim nanočesticama i kvantnim točkama iznimno su zanimljivi zbog posebnih svojstava i velikih mogućnosti primjene u nanotehnologiji. Jedno od najvažnijih svojstava tih materijala su veličina i prostorno uređenje nanočestica u materijalu. Naša grupa je razvila teorijske modele za opis tih svojstava raznih materijala metodom raspršenja X-zračenja pod malim kutom u mali izlazni kut (GISAXS). Tema diplomskog rada je određivanje strukture jednog nanočestičnog materijala metodom GISAXSa te vizualizacija strukture materijala i funkcija koje opisuju GISAXS. Posebna pažnja je posvećena metodici primjene vizualizacije funkcija u lakšem i kvalitetnijem razumijevanju istraživanog sadržaja. U okviru teme bi se istražila serija (3 uzoraka) tankih višeslojnih filmova sastavljenih od kvantnih točaka u staklenoj matrici različitih po nekom strukturnom svojstvu. Primjenom metode GISAXS bi se odredila struktura materijala uključujući veličinu i oblik nanočestica, te njihov raspored u staklu. Posebna pažnja bi bila posvećena vizualizaciji korištenih funkcija i strukture materijala. Kvalitetna vizualizacija pomaže jednostavnijem i lakšem razumijevanju GISAXS metode mjerenja, kao i strukture istraživanog materijala. Stečeno znanje bit će korisno u nastavi za lakše razumijevanje složenijih funkcija. Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=242416>

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Samouređene kvantne točke: priprava i karakterizacija

Sadržaj teme:

Materijali bazirani na prostorno uređenim nanočesticama i kvantnim točkama iznimno su zanimljivi zbog posebnih svojstava i velikih mogućnosti primjene u nanotehnologiji. Naša grupa se bavi istraživanjem posebnog tipa poluvodičkih kvantnih točaka koje nastaju procesom samouređenja tijekom rasta materijala. Tema diplomskog rada je priprava jednog takvog materijala metodom magnetronskog raspršenja, opis njegove strukture metodom GISAXSa (grazing incidence small angle x-ray scattering), te mjerenja osnovnih električnih i optičkih svojstava. U okviru teme bi se istražila serija (3-5 uzoraka) tankih višeslojnih filmova sastavljenih od jezgra/ljuska kvantnih točaka u nekoj amorfnj matrici, gdje bi se varirali uvjeti depozicije (temperatura, debljina slojeva ili volumni udio poluvodičkih materijala). Istraživala bi se ovisnosti oblika, veličine i prostornog rasporeda nanočestica o uvjetima priprave, te ovisnost električnih i optičkih svojstava materijala o njegovoj strukturi. Strukturna svojstva odredila bi se analizom GISAXS mjerenja na pripremljenim uzorcima. Za analizu postoji uhodani program za simulaciju eksperimentalno izmjerenih podataka. Aparatura za električna i optička mjerenja također je dostupna u našem laboratoriju. Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=242416>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Priprava solarnih ćelija baziranih na samouređenim kvantnim točkama u staklu

Sadržaj teme:

Materijali bazirani na poluvodičkim kvantnim točkama interesantni su za primjenu u iskorištavanju sunčeve energije. Naša grupa trenutno istražuje primjenu tih materijala u solarnim ćelijama baziranim na kvantnim točkama. Tema diplomskog rada je dizajn i priprava jedne serije takvih solarnih ćelija korištenjem gore navedenih materijala, te karakterizacija njihovih svojstava. U tu svrhu bi se varirao jedan strukturni parameter materijala baziranog na kvantnim točkama. U okviru teme bi se izradili tankoslojni filmovi materijala baziranih na kvantnim točkama, i solarne ćelije u kojima bi se isti material koristio kao aktivni sloj. Materijalima bi se izmjerila osnovna električna i strukturna svojstva, a ćelijama operativna. Iz dobivenih rezultata mjerenja potrebno je ispitati podobnost korištenog materijala za primjenu u solarnim ćelijama te odrediti utjecaj variranog parametra na svojstva materijala i solarnih ćelija.

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Električki aktivni defekti u 4H-SiC

Sadržaj teme:

U posljednjih nekoliko godina rast kristala silicij-karbida (SiC) je značajno unaprijeđen, što omogućava sve veću primjenu SiC za razne elektroničke uređaje. SiC ima odlična svojstva te se može primjenjivati u uvjetima visokih napona i visokih temperatura. Također, SiC je izuzetno otporan materijal na zračenja. Ono što trenutno ograničava primjenu SiC kao detektorskog materijala je električki aktivan defekt, vakancija ugljika (Vc). Za proučavanje Vc koristi će se tranzijentna spektroskopija dubokih nivoa koja omogućava određivanje aktivacijske energije defekta, udarnog presjeka te koncentracije. Očekivano trajanje izrade diplomskog rada je četiri mjeseca.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Transportna svojstva poluvodičkih detektora

Sadržaj teme:

Proučavat će se poluvodički (većinom Si) detektori nove generacije. Osnovna struktura takvih detektora je MOS (metal-oksidi-poluvodič), pri čemu se umjesto standardnih oksida tipa SiO₂ koriste novi oksidi kao što je Al₂O₃. Uvođenjem novog oksidnog sloja, uvode se i novi defekti u samom oksidu te na međupovršini oksid-poluvodič. Takvi defekti određuju struju curenja i vrijeme života nosilaca naboja što je ključno za rad detektora. Transportna svojstva detektora istraživat će se pomoću temperaturno ovisnih strujno-naponskih i kapacitivno-naponskih tehnika. Očekivano trajanje izrade diplomskog rada je četiri mjeseca.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Maro Cvitan

Institucija: PMF

Naslov teme: Računanje entropije crnih rupa pomoću simetrija u blizini horizonta

Sadržaj teme:

Jednadžbe gibanja za gravitaciju određuju svojstva crnih rupa: analiza pokazuje da postoji analogija između tih svojstava (tzv. mehanike crnih rupa) s uobičajenim zakonima termodinamike ako se površinska gravitacija crne rupe identificira s temperaturom, površina horizonta s entropijom, a masa crne rupe s unutarnjom energijom sustava. Analogiji dodatnu težinu daje činjenica da je temperatura Hawkingovog zračenja crne rupe proporcionalna površinskoj gravitaciji. Tema ovog diplomskog vezana je uz kvantne metode izračuna entropije crne rupe i usporedbu tog rezultata sa spomenutim klasičnim rezultatom (površina crne rupe u slučaju Einsteinove gravitacije). Napose, proučavala bi se uloga simetrija u blizini horizonta crne rupe u računanju entropije. Cilj diplomskog rada je dati prikaz Carlipove metode računanja entropije crnih rupa npr. kao u arxiv: 1702.04439 i po mogućnosti poopćiti taj račun na višedimenzionalni slučaj.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nazif Demoli

Institucija: IFS

Naslov teme: Što o mikrotvrdoći materijala doznajemo primjenom holografske interferometrije

Sadržaj teme:

Digitalna holografija je postupak bilježenja i rekonstruiranja informacije o kontrastu i fazi valne fronte svjetlosti koja dolazi s površine nekog predmeta. Ako snimimo dva holograma površine predmeta, jedan prije i drugi nakon neke pretrpljene deformacije, superpozicijom tih holograma dobivamo interferogram koji rekonstruiran prikazuje osim same slike predmeta također i pruge nastale na mjestu deformacije. Mikrotvrdoća materijala dobiva se primjenom indentora (kuglica ili piramida) u prilagođenom optičkom mikroskopu te mjerenjem odgovarajućih parametara utisnuća. Potpuno novi pristup omogućuje primjena holografske interferometrije. Zadatak diplomskog rada bio bi podesiti eksperimentalni uređaj, zatim istražiti 3D profile utisnuća u raznim materijalima te diskutirati dobivene parametre mikrotvrdoće.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nazif Demoli

Institucija: IFS

Naslov teme: Primjena vremenski usrednjene digitalne holografije na detekciju rezonantnih modova krutog tijela

Sadržaj teme:

Digitalna holografija je metoda bilježenja i rekonstruiranja valne fronte svjetlosnog polja (amplitudna i fazna informacija sačuvane). Fizikalne osnove obuhvaćaju svojstva valne prirode svjetlosti te interferenciju i difrakciju. Vremenski usrednjena digitalna holografija omogućuje vizualiziranje modalne strukture titranja neke općenito hrapave površine. Zadatak diplomskog rada: za predmet ili predmetni sklop (po vlastitom izboru) treba naći rezonantne modove titranja te diskutirati raspodjelu nađenih nodova (stacionarna područja) i antinodova (područja maksimalne amplitude titranja). Tijekom izrade rada, student će se upoznati s eksperimentalnim postavom vremenski usrednjene digitalne holografije te s postupcima optičkog bilježenja i numeričkog rekonstruiranja holograma.

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

Mentor: dr. sc. Nazif Demoli

Institucija: IFS

Naslov teme: Karakterizacija i primjena prostornog svjetlosnog modulatora na bazi tekućih kristala tipa LCOS

Sadržaj teme:

Prostorni svjetlosni modulator na bazi tekućih kristala LCoS (Liquid Crystal on Silicon) modulira amplitudu i fazu upadne svjetlosti u refleksiji. LCoS je upravljani kompjutorom u svojstvu drugog monitora, a zahvaljujući svojim karakteristikama (razlučivanje: 1920 x 1080 piksela, dimenzija piksela: 6.4 μm) pogodan je za brojne primjene, posebno, za optičku rekonstrukciju digitalnih holograma. Da bi upotreba LCoS-a bila efikasna, treba izmjeriti njegove karakteristike. Zadatak diplomskog rada je izabrati metodu za mjerenje amplitudno-faznih karakteristika LCoS-a, izmjeriti karakteristike za sve konfiguracije ulaznih i izlaznih polarizacija modulirane svjetlosti, odabrati optimalne konfiguracije za razne primjene te demonstrirati primjenu LCoS-a na nekoliko primjera.

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: Razvoj algoritma za identifikaciju hadronskih mlazova nastalih raspadom ultrarelativističkih Higsovih bozona u dva b kvarka korištenjem nadograđenog CMS piksel detektora

Sadržaj teme:

Veliki dio programa istraživanja na Velikom hadronskom sudarivaču oslanja se na uspješnu identifikaciju mlazova nastalih hadronizacijom b kvarkova, tzv. b označavanje ("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 Higsovim bozonom Standardnog modela otvara nove mogućnosti u potrazi za fizikom izvan Standardnog modela. Naime, Standardni model predviđa kao dominantni kanal raspada Higsovog bozona raspad u par b kvarka i antikvarka. K tome, razumno je pretpostaviti da novootkriveni bozon interagira s česticama izvan Standardnog modela 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 Higsov bozon, kao produkt njihovih raspada, javljao s visokom količinom gibanja. Drugim riječima, javljao bi se kao ultrarelativistička čestica. U takvom režimu produkti raspada Higsovog bozona bili bi kolimirani te bi se njihov eksperimentalni potpis sastojao od jednog šireg hadronskog mlaza sastavljenog od dva djelomično preklapajuća b podmlaza. Takav karakterističan eksperimentalni potpis može se iskoristiti za razvoj algoritma za identificiranje tzv. "boosted" Higsovih bozona kao svojevrsne ekstenzije postojećih algoritama za identifikaciju b mlazova. Razvoj takvog algoritma 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 unutarnjim silicijskim detektorom tragova odlikuje se izvrsnim karakteristikama u pogledu identifikacije b mlazova. Tu je od posebne važnosti piksel detektor, dio detektora tragova najbliži točki sudara protonskih snopova. U sklopu nadogradnje CMS detektora, koja je trenutno u tijeku, postojeći piksel detektor zamijenit će se lakšom i unaprijeđenom verzijom koja uz postojeća tri dodaje još jedan detektorski sloj u centralnom dijelu, te uz postojeća dva dodaje još jedan disk na svakom kraju piksel detektora. Nadograđeni piksel detektor omogućiti

će znatno bolje performanse CMS detektora u pogledu identifikacije b mlazova. Međutim, uz nadograđeni detektor i izmijenjenu geometriju bit će potrebno iznova optimizirati postojeće i razviti nove algoritme za identifikaciju b mlazova kako bi se maksimalno iskoristile mogućnosti nadograđenog piksel detektora.

Cilj ovog diplomskog rada je razvoj algoritma za identifikaciju hadronskih mlazova nastalih raspadom ultrarelativističkih Higgsovih bozona u dva b kvarka temeljenom na metodama strojnog učenja koristeći nadograđeni CMS piksel detektor. Rad bi također uključivao testiranje navedenog algoritama na prvim proton-proton sudarima u 2017. prikupljenim nadograđenim CMS detektorom. Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati sa modernim tehnikama analize podataka prikupljenih na Velikom hadronskom sudarivaču. Naglasak će posebice biti na metodama strojnog učenja koje se koriste u definiciji najboljih algoritama za identifikaciju b mlazova. Student će se također uključiti u rad CMS-a, velike međunarodne znanstvene kolaboracije na samoj fronti istraživanja. Poželjno je osnovno poznavanje programskih jezika C/C++ i/ili Python te dobro vladanje engleskim jezikom u govoru i pisanju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Fabio Franchini

Institucija: IRB

Naslov teme: Novel Characterizations of Classical and Quantum Many-Body Systems

Sadržaj teme:

The student will work within the HrZZ project of the title, in a group which includes dr. Ivan Balog and dr. Vinko Zlatic, under the supervision of dr. Fabio Franchini (IRB). There are two main lines of research: one concerns the study of quantities inspired from information theory in low-dimensional quantum systems and one focused on the development of a random matrix approach to the problem of Anderson localization, viewed as a novel spontaneous symmetry breaking of the matrix rotational symmetries. The project is theoretical, with a substantial analytical component: the student work will require a consistent computational work. The first component of the project aims at understanding the behavior of the entanglement entropies around non-conformal points or across topological phase transitions, to provide an additional characterization of these phenomena. The second component is part of an ambitious project to use random matrix theory to describe the phenomenon for which when a system of identical degrees of freedom grows, correlations can lead to the formation of structures, in a novel spontaneous symmetry breaking mechanism. The first application of this paradigm is the problem of localization due to disorder, but the phenomenology is expected to be rather general. During the Ph.D., the student is expected to attend at least one advanced school and several international conference and will be given the opportunity to interact with scholars from around the world.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Fabio Franchini

Institucija: IRB

Naslov teme: Smoothing the essential singularity of the entanglement entropy

Sadržaj teme:

The one-dimensional quantum XY chain in a transverse field is a prototypical model for low-dimensional quantum magnetism: despite being exactly mappable into a free system, it shows two different quantum phase transitions at zero temperature. The bi-critical point at which these two QPT meet is non-conformal and has been shown to be an essential singularity for the entanglement entropy in the double scaling limit of large system and subsystem size. In this project, the student will numerically diagonalize the correlation matrix of the model to extract the finite size behavior of the entanglement close to the bi-critical point to determine how an essential singularity gets smoothed and thus how this quantity can help in discriminating the non-conformal nature of the critical point.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Andreja Gajović

Institucija: IRB

Naslov teme: Priprava i modifikacija TiO₂ nanocjevčica 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 svojstva 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) nanosenog na vodljivu prozirnu podlogu te će se naknadno njihova površina modificirati za primjenu u perovskitnim i bojom senzitiviranim fotonaponskim ćelijama. Modifikacija će se izvoditi s ciljem utjecaja na efikasnost ćelije i to nanošenjem nanočestica plemenitih metala, grijanjem u reduktivnoj atmosferi te raznim kemijskim postupcima. Istraživat će se optičko-električna svojstva sloja u ovisnosti o strukturi i morfologiji, te će se optimizirati parametri pripreme i modifikacije TiO₂ nanocjevčica. Za istraživanje strukture tankog sloja će se primjenjivati Ramanova spektroskopija u mikro-Raman konfiguraciji i rendgenska difrakcija pod malim kutom, a za određivanje morfoloških svojstava pretražna elektronska mikroskopija. Diplomand će se upoznati s eksperimentalnim osnovama i teorijskom podlogom tih tehnika, a 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), prof. fizike, prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Andreja Gajović

Institucija: IRB

Naslov teme: Fotovodljivost u BaTiO₃/TiO₂ heterostrukturi

Sadržaj teme:

Svrha istraživanja je dublje razumijevanje postojane fotovodljivosti u BaTiO₃/TiO₂ heterostrukturi, a ovo istraživanje se nadovezuje na dosadašnja naša istraživanja dijelom objavljena u članku Appl. Phy Letter 105 (2014) 152101-1-152101-5. Krajnji cilj je povezivanje strukturnih svojstava i svojstva postojane fotovodljivosti. Diplomski će obuhvatiti istraživanje kristalne strukture, morfologije i kemijskog sastava: (1) ramanske vibracijske vrpce će pokazati kristalnu strukturu u cijelosti dok će se prisutnost nestehiometrije i defekata utvrditi posredno iz njihovog pomaka, (2) pretražnom elektronskom mikroskopijom (SEM) će se uočavati morfologija dobivenih nanostrukture, dok će (3) energijski disperzivnom spektroskopijom X zraka određivati lokalni kemijski sastav. Diplomand će se upoznati s fizikalnom pozadinom problema proučavanjem dostupne literature, kroz eksperimentalni rad će se upoznati s principima i osnovama spomenutih tehnika, dok će tijekom analize dobivenih eksperimentalnih podataka savladati različite specifične računalne programe za njihovu obradu. Rezultati strukturnih analiza izvedih tijekom diplomskog rada će se kombinirati s mjerenjima fotovodljivosti uz osvjetljavanje uzoraka različitim valnim duljinama koja će se izvoditi u upravo izgrađenoj komori za električna mjerenja. Rezultati dobiveni u okviru diplomskog rada će, po mogućnosti, postati dio znanstvene publikacije.

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

Mentor: dr. sc. Igor Gašparić

Institucija: IRB

Naslov teme: Proučavanje nuklearne jednadžbe stanja u reakcijama s radioaktivnim snopovima

Sadržaj teme:

Atomske jezgre s velikom asimetrijom u broju protona i neutrona, kao i nevezana stanja nukleona interesantni su za proučavanje svojstava nuklearne sile, strukture jezgara i jednadžbe stanja nuklearne tvari. Uz to, ova istraživanja su neophodna za opisivanje i objašnjavanje astrofizičkih procesa poput nukleosinteze u eksplozijama zvijezda ili dinamike neutronske zvijezde. Te vrlo kratkoživuće jezgre i nevezana stanja eksperimentalno se mogu proučavati samo na modernim postrojenjima za proizvodnju snopova radioaktivnih jezgara. Predložena tema diplomskog rada vezana je uz analizu podataka prikupljenih detektorom neutrona NeuLAND (New Large-Area Neutron Detector, https://www.gsi.de/work/forschung/nustarenn/nustarenn_divisions/kernreaktionen/activities/r3b_project/neuland.htm) na eksperimentima provedenim na RIKEN-u u Japanu (<http://www.nishina.riken.jp/RIBF/>). Usporedba ponašanja neutrona i protona u centralnim sudarima atomskih jezgara kositra omogućava uvid u dio nuklearne jednadžbe stanja ovisne o asimetriji broja protona i neutrona u nuklearnoj tvari. Kositar je vrlo zahvalan element u ovim istraživanjima zbog postojanja izotopa s velikim rasponom asimetrije u broju protona i neutrona. Istovremena detekcija i identifikacija protona i neutrona predstavlja velik izazov u analizi podataka što će biti glavni zadatak studenta. Student će steći znanja i vještine u problematici djelovanja protona i neutrona na materiju, osnovama istraživanja s radioaktivnim snopovima, upoznati se s radom scintilacijskih detektora, te obradom velike količine podataka i radom na simulacijama što otvara sjajne mogućnosti za nastavak rada u eksperimentalnoj nuklearnoj fizici.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Zakoni očuvanja u međudjelućim mrežama

Sadržaj teme:

U diplomskom radu proučavat će se međudjelujuće kompetitivne mreže. Primjer takvih mreža možemo naći u biološkim sustavima (kompetitivnost malignog i zdravog tkiva kod organa), odnos predator-lovina, države pod sankcijama te napadi na računalno mrežnu infrastrukturu. Osnovi model izradit će se na međudjelovanju dvije mreže, jedne više, a druge manje otporne na napade. Definirat ćemo zakon očuvanja koji povezuje mehanizam povratne sprege napada i preuzimanja čvorova među mrežama. Tako definirani zakon odredit će dužinu trajanja napada i njegov trošak, što se koristi kao inicijalna procjena rizika prije nego što se krene u kompetitivno međudjelovanje.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Rješavanje problema u elektrostatici heterogenim metodama

Sadržaj teme:

Problemi koji zahtijevaju numeričko rješavanje Laplaceove jednadžbe u praksi su često računalno zahtjevni. Moderne grafičke kartice posjeduju velik broj procesorskih jezgri te su idealna platforma pomoću koje možemo rješavati navedene probleme. No, do sada paralelizacija koda i njegovo izvršavanje zahtijevalo je dugotrajan razvoj programa. Ideja ovog diplomskog rada je dati pregled pristupa numeričkog rješavanja Laplaceove jednadžbe te iste učinkovito implementirati unutar platformi za strojno učenje. Iako tim platformama primarna zadaća nije rješavanje parcijalnih diferencijalnih jednadžbi one omogućuju brzu i elegantanu paralelizaciju i implementaciju algoritama. U metodičkom dijelu obraditi ćemo koncept potencijala i napona u nastavi fizike.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Amon Ilakovac

Institucija: PMF

Naslov teme: Problem stabilnosti Higgsove mase u Standardnom modelu i Supersimetričnom standardnom modelu.

Sadržaj teme:

U diplomskom će biti pokazano da je Higgsova masa u Standardnom modelu nestabilna ako postoje teške čestice za koje se Higgs veže, što se naziva problem Higgsove hijerarhije. Navest će se i opisati formalizmi koji rješavaju problem Higgsove hijerarhije i malo detaljnije opisati kako supersimetrije rješavaju taj problem. Pored toga ukratko će se opisati kako se Higgsova masa izračunava.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mile Ivanda

Institucija: IRB

Naslov teme: UTJECAJ PROSTORNOG OGRANIČENJA FONONA NA FOTOLUMINESCENCIJU
NANOSTRUKTURIRANOG SILICIJA

Sadržaj teme:

Diplomski rad koji bi se izvodio pod voditeljstvom dr.sc. Mile Ivanda, Institut Ruđer Bošković, Centar izvrsnosti za napredne materijale i senzore, tema broj 1:

Silicij je poluvodič sa tzv. indirektnim elektronskim prijelazima zbog čega mu je fotoluminescencija vrlo slabog intenziteta, međutim u nanostrukturiranoj formi dolazi do izuzetno snažnog pojačanja fotoluminescencije. U okviru diplomskog rada konstruirala bi se ćelija za elektrokemijsko jetkanje silicija. Variranje struje jetkanja snimila bi se I/V karakteristika procesa anodizacije silicija u ovisnosti o koncentraciji kiseline HF. Izborom pogodnog područja na I/V karakteristici napravilo bi se nekoliko uzoraka poroznog silicija sa različitim dimenzijama nanostrukture. Drugi set uzoraka bi se pripremio variranjem HF koncentracije. Uzorci bi se analizirali Ramanovom i FTIR spektroskopijom, fotoluminescencijom, SEM mikroskopijom, elipsometrijom i mjerenjem otpornosti metodom 4 šiljka. Prostorno ograničenje fonona bi se određivalo analizama optičkih i akustičkih vibracijskih vrpca u Ramanovim spektrima te bi se ispitivao njihov utjecaj na intenzitet i energiju direktnih elektronskih prijelaza u nanostrukturiranom siliciju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mile Ivanda

Institucija: IRB

Naslov teme: SENZORSKA AKTIVNOST FUNKCIONALIZIRANOG POROZNOG SILICIJA VEZANO ZA
DETEKCIJU PLINA N₂O

Sadržaj teme:

Diplomski rad koji bi se izvodio pod voditeljstvom dr.sc. Mile Ivanda, Institut Ruđer Bošković, Centar izvrsnosti za napredne materijale i senzore, tema broj 2:

Zbog velike aktivne površine te mogućnosti njenog funkcionaliziranja određenom molekulskom skupinom, nanostrukturirani silicij pokazuje značajne senzorske osobine. U okviru diplomskog rada elektrokemijskim jetkanjem silicija pripravili bi se uzorci s različitim veličinama silicijskih nanostrukture te bi se odredila njihova strukturna i optička svojstva Ramanovom i FTIR spektroskopijom, fotoluminescencijom i SEM mikroskopijom. Aktivne površine nanostrukturiranog silicija bi se funkcionalizirale s vodikom i kisikom te bi se u već pripremljenoj komori za ispitivanje senzorskih svojstava istražila osjetljivost u promjeni električne otpornosti takovih filmova u ovisnosti o koncentraciji plina N₂O. Rezultati mjerenja bi se analizirali u okviru modela interakcije plina sa funkcionaliziranom površinom silicija.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tomislav Ivek

Institucija: IFS

Naslov teme: Dielektrična svojstva potencijalnog multiferoika

Sadržaj teme:

Svojstva nekog novog materijala najizravnije se mogu odrediti njegovim pobuđivanjem i zatim promatranjem odziva. Gotovo se svaki eksperiment konceptualno svodi na takav pristup, uključujući različite spektroskopske metode kao što su ARPES, NMR, infracrvena ili Ramanova spektroskopija. Dielektrična spektroskopija jest jedna od tehnika koja omogućava mjerenje vodljivosti i kapaciteta uzoraka u širokom rasponu frekvencija mHz – MHz i time ispituje stanje naboja odn. električnih dipola u materijalu. Upravo u tom frekventnom rasponu svoj karakteristični potpis bogat informacijama ostavljaju određena nova elektronska stanja kao što su elektronska feroelektričnost, valovi gustoće ili uređenja naboja. Posebno su nam zanimljivi multiferoici, sustavi s međusobno povezanim uređenjima naboja i spina. Njihova su svojstva od širokog značaja u informatičkoj tehnologiji, ali i od fundamentalne važnosti pri istraživanju jakih elektronskih interakcija.

U ovom diplomskom radu odredit ćemo električna transportna i dielektrična svojstva jednog kandidata-multiferoika iz obitelji manganita ili niskodimenzionalnih molekulskih vodiča. Konačni cilj naših mjerenja jest opis osnovnog stanja na niskim temperaturama. Student će u laboratorijskom radu ovladati vakuumskim i krio-tehnikama kojima se dosežu temperature sve do 4 K. Kroz praksu naučit će detalje eksperimentalnih tehnika dc električnog transporta i ac dielektrične spektroskopije. Tematika diplomskog rada usko je vezana za istraživački projekt HRZZ-a "Strongly Correlated Electrons in Layered Organics and Manganites: Low Frequency Excitations and Non-linear Dynamics" (više informacija: <http://sceinlom.ifs.hr/>).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marinko Jablan

Institucija: PMF

Naslov teme: Plazmonske nelinearnosti u grafenu

Sadržaj teme:

Moderne telekomunikacije koriste optičke valovode te infracrvenu svjetlost ogromne frekvencije (100THz) za transmisiju informacija. Moderna elektronika pak nije u stanju obrađivati tolike količine informacija koristeći tranzistore koji rade na brzini od 1GHz. Da bi se riješio ovaj problem potrebno je izbaciti elektroniku iz računala i napraviti svjetlosne tranzistore koji će procesuirati svjetlosne impulse umjesto električnih signala. Na putu realizacije ove obećavajuće ideje leži jedan veliki problem: tipični materijali pate od slabog nelinearnog odziva te dva snopa svjetlosti mogu interagirati samo pri ogromnim intenzitetima. Nedavna istraživanja su pak pokazala da grafen posjeduje jaki nelinearni odziv u obliku višeplazmonske apsorpcije [1] što omogućuje miješanje svjetlosti pri niskim intenzitetima. U sklopu ovog diplomskog rada student će se upoznati s oscilacijama elektronskog plina (plazmona) u grafenu u nelinearnom režimu (tj. prilikom silovitih pobuda izvan ravnoteže). Konkretno student će se upoznati s neobičnim efektima poput višeplazmonske apsorpcije [1] te nelinearnog Landauovog gušenja [2] dok će naglasak biti na potrazi za klasom nelinearnih efekata koji bi omogućili realizaciju svjetlosnog tranzistora.

[1] M. Jablan, D.E. Chang, Multiplasmon Absorption in Graphene, Phys. Rev. Lett. 114, 236801 (2015). [2] C. Mouhot, C. Villani, On Landau damping, Acta Mathematica 207, 29-201 (2011).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Milko Jakšić

Institucija: IRB

Naslov teme: Detekcija teških iona pomoću emisije sekundarnih elektrona

Sadržaj teme:

Emisija sekundarnih elektrona koja se zbiva pri ulasku nabijenih čestica u materijal, može se iskoristiti i za učinkovitu detekciju brzih teških iona. Smanjenjem energije iona, emisija sekundarnih iona slabi, te se i učinkovitost detekcije smanjuje. Detekcija iona energije ispod 1 MeV važna je ne samo u eksperimentalnim istraživanjima iz nuklearne fizike, već i u nekim primjenama. To su na primjer identifikacija vrste iona pomoću mjerenja vremena proleta (ToF) ili kontrolirana implantacija pojedinačnih iona u materijal. Cilj je ovog rada, konstruirati sustav za detekciju sekundarnih elektrona zasnovanog na CEM (channel electron multiplier) detektoru, te ispitati njegove karakteristike. Posebno će se istražiti ovisnost učinkovitosti detekcije o vrsti materijala u koji ioni ulaze, ali i o vrsti iona i njihovom nabojnom stanju za područje energija iona od 400 keV do 4 MeV. Eksperimentalni dio rada će se izvršiti na ionskoj mikroprobi akceleratorskog sustava na Institutu Ruđer Bošković.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Sinhrotronsko zračenje naše galaksije i kozmološki 21cm eksperimenti

Sadržaj teme:

Razumijevanje sinhrotronskog zračenja naše galaksije ima ključnu ulogu u kozmološkim 21cm eksperimentima (npr. Jelic et al. 2008), koji za cilj imaju detekciju kozmološkog zračenja emitiranog u vremenu nastanka prvih "zvijezda" u svemiru. Ovaj rad će se fokusirati na karakterizaciji sinhrotronskog zračenja naše galaksije u ukupnom i polariziranom intezitetu zračenja za SKA-EoR (engl. Square Kilometer Array - Epoch of Reionization) znanstveni projekt, a uključivat će analizu mjerenja radioteleskopom LOFAR (engl. Low Frequency Array).

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

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Tomografija lokalne međuzvjezdane materije

Sadržaj teme:

Međuzvjezdana tvar u našoj galaksiji sastoji se od mješavine plinova različitih temperatura i faza. Netermičku komponentu u fazi plazme čine relativističke čestice oslobođene pri eksplozijama masivnih zvijezda. U njihovom međudjelovanju sa sve prožimajućim magnetskim poljem naše galaksije se stvara sinhrotronsko zračenje. Ovaj rad će se fokusirati na tomografiju i analizu lokalne međuzvjezdane materije na temelju promatranja sinhrotronskog zračenja naše galaksije i njegove polarizacije, a uključivat će mjerenja radioteleskopom LOFAR (engl. Low Frequency Array).

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

Mentor: dr. sc. Krunoslav Juraić

Institucija: IRB

Naslov teme: Strujno – naponska karakterizacija solarnih ćelija

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 tandem solarne ćelije kao i upotrebu novih materijala: organske boje, perovskiti, polimeri, kvantne točke. Kvaliteta solarnih ćelija testira se mjerenjem strujno naponske karakteristike tijekom osvjetljavanja. Za osvjetljavanje se koriste izvori svjetla tzv. solarni simulatori koji daju spektar blizak spektru sunca. Tako dobivaju se podaci o naponu otvorenog kruga, struji kratkog spoja, maksimalnoj snazi, efikasnosti i fill faktoru. Pored toga mjerenjem kvantne efikasnosti dobivaju se podaci o ovisnosti efikasnosti solarne ćelije o valnoj duljini svjetla. U okviru diplomskog rada diplomand će se upoznati sa osnovnom strukturom i principom rada solarne ćelije. Također će se upoznati s radnom uređaja za mjerenje IV karakteristike i kvantne efikasnosti solarnih ćelija. Za niz različitih solarnih ćelija bit će izmjerene strujno naponske karakteristike i kvantna efikasnost. Dobiveni rezultati bit će razmotreni u okviru jednostavnih teorijskih modela.

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

Mentor: dr. sc. Krunoslav Juraić

Institucija: IRB

Naslov teme: Tanki filmovi prozirnih vodljivih oksida pripremljeni magnetronskim rasprašenjem za primjenu u solarnim ćelijama

Sadržaj teme:

Prozirni vodljivi oksidi (eng. Transparent Conductive Oxides) kao što su kositreni oksid, cinkov oksid i indijev oksid su materijali koji se istražuju dugi niz godina i imaju značajnu primjenu u raznim optoelektroničkim uređajima kao što su na primjer solarne ćelije. Za primjenu u solarnim ćelijama kao prozirne elektrode važna svojstva su transparentnost u širokom spektralnom području, te dobra električna vodljivost što se postiže dodavanjem primjesa kao što su aluminij i fluor. Jedna od često korištenih fizikalnih metoda za pripremu tankih filmova prozirnih vodljivih oksida je magnetronsko rasprašenje. 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 cinkovog oksida dopiranog aluminijem. 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, električnih i optičkih svojstava tankih filmova.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marko Karlušić

Institucija: IRB

Naslov teme: Tragovi brzih teških iona u piroklorima

Sadržaj teme:

Prolaskom brzog teškog iona kroz materijal, formira se nanometarsko oštećenje duž njegove putanje koje se naziva ionski trag. Istraživanja ionskih tragova u materijalima s piroklornom strukturom (A2B2O7) su važna zbog njihovog potencijala u skladištenju nuklearnog otpada (R.C. Ewing et al., J. Appl. Phys. 95 (2004) 5949) jer se ionskim zračenjem MeVskih energija može sistematski ispitivati odgovor materijala na fizijske fragmente. Nedavno objavljeni pregledni članak dobro prikazuje rezultate dosadašnjih istraživanja (M. Lang et al., Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 19 (2015) 39). Cilj ovog diplomskog rada je usporediti predviđanja modela termalnog vala s eksperimentalnim podacima dostupnim u literaturi.

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 zvjezdanog 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 malom broju 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.

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

Mentor: dr. sc. Željka Knežević Medija

Institucija: IRB

Naslov teme: Dozimetrijska kalibracija panoramskog izvora gama zračenja ⁶⁰Co

Sadržaj teme:

Na Institutu Ruđer Bošković nalazi se panoramski izvor gama zračenja ⁶⁰Co koji se koristi za znanstvena ozračivanja u fizici, kemiji i biologiji te u radijacijskim tehnologijama (primjena zračenja za sterilizaciju i dezinfekciju različitih proizvoda i predmeta). Cilj ovog rada je napraviti detaljnu doznu mapu tj dozimetrijsku kalibraciju izvora koristeći ionizacijsku komoru. Student će se upoznati s primjenama izvora gama zračenja ⁶⁰Co, osnovama radijacijske dozimetrije te principima rada i uporabom ionizacijske komore za mjerenje doze i brzine doze. Radijacijska dozimetrija se bavi mjerenjem doze, brzine doze i drugih dozimetrijskih veličina koje su povezane s interakcijom ionizirajućeg zračenja s materijom.

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:

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 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ ($x < 0.5$) monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K.

Smjerovi: fizika (istraživački)

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

Mentor: dr. sc. Marko Kralj

Institucija: IFS

Naslov teme: 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 procjepa, 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 fotoemisivnu spektroskopiju (ARPES), koje bi se koristile za karakterizaciju rasta i svojstava sintetiziranih 2D materijala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nikša Krstulović

Institucija: IFS

Naslov teme: Laserska sinteza 'core-shell' i dvokomponentnih nanočestica u tekućinama

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). 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 veća raspršenost u otopini, veća stabilnost, manja i uža raspodjela po veličinama, itd. U ovome radu proučavat će se 'core-shell' nanočestice ključne za primjenu u nanobiologiji; od zlata, srebra, titana, bakra, polimera. Naglasak će biti na metalnim oksidima i dvokomponentnim nanočesticama (mješavina dva metala). 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). Za bolje razumijevanje procesa nastanka nanočestica putem laserske ablacije vršit će se i optička emisijska spektroskopija plazme koja nastaje prilikom upada laserskog pulsa na metu (laserski inducirana 'breakdown' spektroskopija). Također će se proučavati utjecaj tretmana uzorka dodatnim laserskim pulsevima bilo nakon sinteze ili u smislu dvostruke laserske ablacije kada se očekuje dodatna deagregacija, dodatno oblikovanje i bolja raspršenost u tekućinama. U smislu optimizacije, mjerenja će se vršiti nanosekundnim laserima s raznim valnim duljinama (308, 532 i 1064 nm), energijama, tokovima energija, itd.

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: Laserski proizvedene sudarne plazme proučavane pomoću LASPOR tehnike

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Kupčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektrodinamička svojstva Diracovih semimetala

Sadržaj teme:

TiBiSSe je trodimenzionalni (3D) sustav u kojem su disperzije elektrona u valentnoj i vodljivoj vrpći opisane 3D Diracovim disperzijama bez energetskog procjepa između vrpći. Rezultat toga su netipična polumetalna transportna i elektrodinamička svojstva. Na primjer, mobilnost elektrona i magnetootpornost se dramatično mijenjaju s promjenom koncentracije elektrona i s promjenom temperature.

U ovom radu će se detaljno istražiti dinamička vodljivost modelnog 3D Diracovog sustava koristeći formalizam jednadžbi gibanja u slučaju bez i u slučaju sa statičkim magnetskim poljem.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mihael Makek

Institucija: PMF

Naslov teme: Rekonstrukcija slike u pozitronskoj emisijskoj tomografiji

Sadržaj teme:

U Laboratoriju za nuklearnu fiziku razvijaju se novi detektori za primjene u pozitronskoj emisijskoj tomografiji, koji imaju za cilj poboljšati kvalitetu dobivene slike u odnosu na standardne postojeće metode. No kvaliteta slike ne ovisi samo o detektoru, već i o metodama rekonstrukcije slike iz izmjerenih podataka.

Studentica ili student će u okviru ove teme raditi na ispitivanju postojećih i razvoju novih algoritama na rekonstrukciju slike u pozitronskoj emisijskoj tomografiji.

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 detektorskog sustava za pozitronsku emisijsku tomografiju

Sadržaj teme:

Pozitronska emisijska tomografija je metoda medicinskog oslikavanja koja se temelji na detektorima i metoda razvijenima u nuklearnoj fizici. U medicini postoji konstantna potreba za povećanjem preciznosti dobivenih prikaza. U tu svrhu u Laboratoriju za nuklearnu fiziku razvija se novi prototip detektora. Kako bi se ispitala efikasnost novog detektora i mogućnost njegovog proširenja na sustav kliničke veličine, izradit će se simulacija koja će uključivati točan geometrijski opis detektora i svih relevantnih fizikalnih procesa, što će biti glavni zadatak studentice ili studenta u okviru ove teme.

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: Opažanje gama zračenja segmentiranim scintilacijskim detektorima

Sadržaj teme:

Gama zračenje ima važnu ulogu ne samo u fundamentalnim fizikalnim mjerenjima već i u medicinskim primjenama. U laboratoriju za nuklearnu fiziku konstruirat će se segmentirani scintilacijski detektori od LFS ili CeBr₃ materijala koji pokazuju dobra svojstva u opažanju gama zračenja u medicinskom oslikavanju. Segmentiranost detektora omogućava, uz mjerenje energije, određivanje položaja upadnog zračenja što znatno poboljšava preciznost medicinskog oslikavanja primjerice u pozitronskoj emisijskoj tomografiji (PETu).

Studentica ili student će u okviru ove teme sudjelovati u konstrukciji i ispitivanju detektora, mjerenjima u laboratoriju, te analizi izmjerenih podataka.

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

Mentor: dr. sc. Tomislav Marketin

Institucija: PMF

Naslov teme: Energija vezanja atomske jezgre

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. Za uspješnu izradu diplomskog rada preporučeno je poznavanje programiranja.

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

Mentor: dr. sc. Blaženka Melić

Institucija: IRB

Naslov teme: Fizika top kvarka na sudaračima čestica

Sadržaj teme:

Top kvark je najteži kvark unutar Standardnog modela i njegovo vrijeme raspada je 20 puta kraće nego vremenska skala jakih interakcija, te se top kvark raspada prije nego se hadronizira što omogućuje da su informacije o njegovom spinu očuvane u produktima raspada. Stoga je moguće analizirati polarizacije konačnog W-bozona, odnosno leptonsku angularnu distribuciju u procesu $t \rightarrow W b \rightarrow l \nu_l b$, te poznavajući tu distribuciju, moguća je detaljna studija mehanizma raspada top kvarka u Standardnom modelu kao i izvan njega. U produkciji top-antitop parova moguće je analizirati i spinske korelacije i razne asimetrije koje daju jaka ograničenja na modele izvan 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 osvrta 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, $h \rightarrow 4 l$.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Matko Milin

Institucija: PMF

Naslov teme: Nastanak 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 $10B+12C$ 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 klasterke 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 su nova mjerenja i rezultati i više nego nužni.

Cilj rada je dobivanje novih eksperimentalnih rezultata o stanjima niza atomskih jezgara (10B, 11B, 11C itd) iz analize mjerenja nuklearnih reakcija $10B+12C$, na energijama projektila 10B od 50 i 72 MeV-a. Analiza 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: Modifikacija površina hladnom atmosferskom mikro plazmom

Sadržaj teme:

Atmosferski plazmeni mlazovi koje koristimo spadaju u niskotemperaturne, neravnotežne plazme. Ove plazme sastoje se od slobodnih elektrona, atoma, iona i molekularnih fragmenata pri čemu su temperature teških čestica dovoljno male da ne mogu izazvati termalna oštećenja površina u dodiru. S druge strane, temperature elektrona su u pravilu nekoliko redova veličina više ($> 10\ 000\ K$). Zbog svoje visoke temperature, elektroni imaju ulogu da pobuđuju teže čestice i vode na promjene u kemijskim vezama. U području fizike plazme niskotemperaturne atmosferske plazme su zanimljive za istraživanje zbog svoje složenosti i neriješenih pitanja, te što posjeduju ogroman potencijal za primjene u područjima kao što su nove tehnologije obrade hrane, tekstila i bioloških objekata. Eksperimenti će uključivati modifikaciju površina pomoću različitih vrsta atmosferskih plazmi, a kao način određivanja utjecaja plazme na površinu bit će korištena metoda mjerenja kontaktnog kuta. Očekuje se modifikacija površina od hidrofobnih do hidrofilnih i obratno. Tijekom tretmana plazma će biti praćena optičkom emisijskom spektroskopijom. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava, upoznavanja s mjernim metodama, izvođenja 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/>. Istraživanja su nova, aktualna i primjenjiva npr. u području plazma agronomije i provode se u istraživačkom timu koji se pored mentora sastoji od stalnih istraživača, poslijedoktoranda i doktoranda, te uz bogatu domaću i međunarodnu suradnju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

Naslov teme: Utjecaj nanosekundnih laserskih pulseva na atmosferske plazmene mlazeve

Sadržaj teme:

Atmosferski plazmeni mlazovi koje koristimo spadaju u niskotemperaturne, neravnotežne plazme koje nastaju uz pomoć visokog napona (od DC pa do mikrovalnog područja frekvencija). Takve plazme zanimljive su za istraživanje zbog svoje složenosti i neriješenih pitanja te imaju ogroman potencijal za primjene u područjima od biomedicine do energetike, za nove materijale itd. U eksperimentu ukrštavamo snopove lasera valnih duljina 1064 nm, 532 nm ili 266 nm, sa snopovima atmosferske plazme helija, argona ili dušika. Vrlo je važno pritom postići prostornu i vremensku sinkronizaciju jer plazmeni mlaz ima dinamiku na vremenskoj skali perioda naponskog signala. Cilj je proučiti efekte hladne plazme na laserski proizvedenu plazmu i obratno. Efekti koji se očekuju su paljenje izboja laserom odnosno pojačanje laserske plazme i sl. Plazma nastala međudjelovanjem laserskih pulseva i atmosferske plazme bit će analizirana optičkom emisijskom spektroskopijom. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava, upoznavanje s mjernim metodama, 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/>. Istraživanja su nova, aktualna i publikativna, i provode se u istraživačkom timu koji se pored mentora sastoji od stalnih istraživača, poslijedoktoranda i doktoranda, te uz bogatu domaću i međunarodnu suradnju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev

Institucija: IRB

Naslov teme: Proučavanje promjena u polimerima korištenim za 3D printanje

Sadržaj teme:

Nagli razvoj tehnika izrade trodimenzionalnih predmeta iz računalno kreirane datoteke – tzv. aditivnih tehnologija ili kolikvijalno 3D printanja – prisutan je kroz izradu automobilskih dijelova, prototipova za industrijsku proizvodnju, implantata kostiju kukova, čeljusti, zdjelice, za izradu razgradive ambalaže i dr. Tehnika selektivnog laserskog srašćivanja koristi laserski snop (valne duljine 10.6 μm) koji iscrtava konturu projektiranog predmeta po površini polimernog praha, staljujući polimerna zrnca unutar konture. Danas se za SLS najviše koriste materijali na bazi poliamidnog praha, bilo PA6 ili PA12. Za ambalažu se češće koristi biorazgradivi polimer poli-mliječne kiseline. U okviru diplomskog rada ispitala bi se promjene tališta i strukture kroz promjene vibracijske dinamike PA12 i poli-mlične kiseline. Koristila bi se LINKAM ćelija za snimanje temperaturno ovisnih Ramanovih spektara, a rezultati objavili u CC publikaciji.

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, prof. fizike i tehnike

Mentor: dr. sc. Tamara Nikšić

Institucija: PMF

Naslov teme: Optimizacije slabo određenih modela nuklearne strukture

Sadržaj teme:

Teorija energijskog funkcionala gustoće predstavlja temelj velikog dijela teorijskih modela u nuklearnoj fizici. Najveći izazov za precizan opis strukture atomske jezgre predstavlja optimizacija parametara samog funkcionala, posebno jer dostupni eksperimentalni podaci ne dozvoljavaju jednoznačno određivanje parametara. Ukratko, modeli nuklearnog energijskog funkcionala gustoće mogu se ubrojiti u široku klasu tzv. sloppy modela poznatih ne samo u fizici, nego i biologiji, ekonomiji itd. U okviru predloženog rada planiramo provesti detaljnu analizu mnogostrukosti u prostoru eksperimentalnih podataka pomoću standardnih metoda diferencijalne geometrije s ciljem eliminacije najslabije određenih parametara funkcionala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mario Novak

Institucija: PMF

Naslov teme: Novi funkcionalni materijali

Sadržaj teme:

Ovisno o afinitetima studenta moći će sudjelovati u eksperimentalnom istraživanju ili obraditi temu vise 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: 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)

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 podrazumjeva sintezu monokristala određenih TI, njihovu transportnu i strukturnu karakterizaciju, pripremu uzoraka za niskotemperaturna mjerenja te provedbu niskotemperaturnih mjerenja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Upotreba Raspberry Pi računala u dizajnu demonstracijskih pokusa ili mjernih instrumenata

Sadržaj teme:

Pojava vrlo jeftinih modularnih računala kao što je Raspberry Pi omogućava njihovu širu primjenu u obrazovanju. U okviru ovog diplomskog rada istaknut će se mogućnosti ovog računala te će se razraditi konkretan primjer primjene u okviru projektne nastave gdje učenik konstruira demonstracijski pokus iz fizike ili mjerni instrument. Rezultat ovog rada je detaljna uputa nastavnicima kako implementirati ovakav pristup izvođenju nastave.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Analize vremenskih nizova u fizikalnim procesima

Sadržaj teme:

Ovaj rad je namijenjen studentima koji se žele upoznati s praktičnim primjenama fizike u proučavanju prirode. Proučavanjem prirodnih procesa bilježimo vremensku evoluciju niza fizikalnih varijabli. Usporedbom vremenskih nizova dolazimo do zaključaka o samoj fizikalnoj pojavi odnosno procesima koji mijenjaju vrijednosti varijabli. To je važna tematika, posebice za fiziku okoliša gdje su pojave definirane velikim brojem varijabli. U ovom diplomskom radu će se na konkretnom primjeru fizikalnih mjerenja u špiljama kao prirodnim pojavama definiranim nizom fizikalnih varijabli razmotriti pojedine tehnike analize vremenskih nizova, proračuna vremenskog odmaka, korelacija i dr. Odabrane analize će se izvesti programskim jezikom Python. Razina diplomskog rada biti će prilagođena studiju. Studenti nastavnih smjerova osmisliti će koncept nastavnog sata u okviru kojeg bi se istaknula važnost vremenskog praćenja fizikalnih varijabli i njihove interpretacije. Studenti istraživačkog smjera će izvesti kompleksnije analize i modeliranje prostornih i vremenskih nizova fizikalnih podataka.

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: Demonstracijski pokusi u nastavi fizike

Sadržaj teme:

Osnovno pitanje koje će se dotaknuti ovim radom je na koji način, uz minimalna sredstva pojačati upotrebu demonstracijskih pokusa u nastavi fizike u Hrvatskoj. Uz osvrtanje na svjetska iskustva, odabrati će se uža tema iz osnova fizike te će se osmisliti set demonstracijskih pokusa koje svaki nastavnik može lako implementirati. Razmotrit će se koncepti uvođenja tih pokusa u nastavu te uloge nastavnika i učenika. Poseban naglasak će biti na projektnu nastavu. U nastavi fizike demonstracijski pokus ima važnu ulogu jer se njime stječe fizičko iskustvo i zorna predodžba o fenomenu koji se razmatra, zbog čega ima ulogu u razvijanju koncepata, testiranju hipoteza i uočavanju zakonitosti. Demonstracijski pokus može se u nastavi dodatno pojašniti računalnim simulacijama i drugim multimedijalnim elementima.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Terenska nastava fizike

Sadržaj teme:

U okviru ovog rada na odabranom području fizike, razradit će se novi koncepti kojima bi se unaprijedila nastava fizike. U današnjem sustavu školovanja postoji mogućnost uklopiti pojedine segmente nastave fizike u formu terenske nastave. Pod pojmom teren smatramo bilo koju lokacija izvan učionice, to može biti posjet nekom institutu, istraživačkom laboratoriju, muzeju, znanstvenoj izložbi, ali i posjet određenim lokacijama u prirodi na kojima se mogu proučavati fizikalni procesi. Posebni terenski uvjeti u kojima se nastava odvija potiču timski rad i suradnju u okviru malih grupa te izražavanje mišljenja i raspravu, što su temelji interaktivnih metoda poučavanja. Terenskoj nastavi prethodi priprema koja će učenicima omogućiti da obrate pažnju na različite fizikalne procese. Praktični zadaci će ih zaokupiti na terenu i usmjeriti im pažnju, a organizacija terenske nastave za djecu ima određena pravila kojih se treba pridržavati.

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

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Kolektivna pobuđenja u jezgrama i svojstva neutronske zvijezde

Sadržaj teme:

U okviru ove teme predividen je razvoj i primjena modernih mikroskopskih modela za opis kolektivnih pobuđenja u jezgrama zasnovanih na relativističkom funkcionalu gustoće. Tema uključuje istraživanje kolektivnih modova pobuđenja u atomskim jezgrama i njihovu interpretaciju uz pomoć novih relevantnih eksperimentalnih podataka sa vodećih ubrzivača u svijetu (koji uključuju npr. raspršenje fotona, protona, alfa čestica na jezgrama, snopove radioaktivnih iona, itd.). Ekstremne vrijednosti izospina egzotičnih jezgara daleko od stabilnosti, kao i njihovo slabo vezanje, otkrivaju nove strukturne fenomene kao što je neutronska "halo" i neutronska omotač, koji igraju važnu ulogu u razumijevanju svojstava jezgara daleko od doline stabilnosti. Stoga će biti istraženi mogući novi modovi pobuđenja u jezgrama, odnosno njihova svojstva, do kojih dolazi zbog kolektivnog pobuđenja nukleona iz slabo vezanih orbitala. Takvi modovi se mogu povezati i s temeljnim svojstvima jednadžbe stanja nuklearne materije, energije simetrije, odnosno svojstvima neutronske zvijezde.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Nuklearni procesi u evoluciji supernove

Sadržaj teme:

Eksplzija supernove predstavlja jedan od najspektakularnijih događaja u svemiru. Radi se o završnoj fazi evolucije masivnih zvijezda, za koju se predviđa da je odgovorna na nastanak značajnog dijela težih kemijskih elemenata, koji se ne mogu proizvesti u procesima termonuklearne fuzije u uvjetima hidrodinamičke ravnoteže zvijezda. U okviru ove teme predviđeno je istražiti detaljnije procese koji se odvijaju neposredno prije i nakon eksplozije supernove. Fokus istraživanja će biti posebice na nuklearnim i neutrinjskim procesima koji su odgovorni za samu dinamiku evolucije zvijezde, kao i za sintezu elemenata u svemiru općenito.

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 multiferoičnih oksida prijelaznih metala

Sadržaj teme:

Miješani oksidi prijelaznih metala često tvore strukturu u kojoj se ostvaruju složena magnetska uređenja popraćena i električnim uređenjem. Naročito je zanimljivo ako se električnim poljem može utjecati na magnetsko uređenje te magnetskim na električno. Unutar diplomskog rada istražiti će se magnetsko ponašanje složenog oksida prijelaznih metala, zatim utjecaj električnog polja na magnetizaciju, te električna polarizacija. Materijali od interesa odabrat će se između dopiranih/supstituiranih Bi-Fe-O, Ba-Ni-Nb-O, Cu-O i slično. Student će napraviti cjelovito eksperimentalno istraživanje i dati zaokruženu sliku ponašanja i objašnjenja.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetsko i električno ponašanje organometalnog spoja sa složenom magnetskom strukturom i polarnim skupinama

Sadržaj teme:

Magnetoelektrični multiferoici pokazuju istovremeno dvije vrste uređenja, a naročito je zanimljivo ako su ona međusobno povezana. Perspektivna skupina za ugađanje tih svojstava su organometalni spojevi gdje se uređenje magnetskih iona ostvaruje preko mostova izmjene, a polarno uređenje smještanjem organskih skupina unutar magnetske podrešetke. Unutar diplomskog rada istražiti će se statičko i dinamičko magnetsko ponašanje organometalnog spoja složene strukture, zatim utjecaj električnog polja na magnetizaciju, te električna polarizacija. 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), prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Visoko-entropijske slitine i njihova svojstva

Sadržaj teme:

Visokoentropijske slitine zanimljiva su skupina materijala jer gradnjom struktura pomoću velikog broja različitih elemenata moguće je dobiti vrlo različita svojstva, i pratiti njihov razvoj s malim promjenama koncentracije atoma određenih elemenata. Student će na temelju literature, poglavito nedavno objavljenih znanstvenih radova, napraviti pregled strukturnih posebnosti, te odabranih svojstava kao što su vodljivost i supravodljivost, magnetska svojstva, toplinska svojstva, i slično. Neka od tih svojstava istražiti će pomoću jednostavne eksperimentalne aparature te ih opisati i objasniti na konkretnom primjeru (CuNbTiZr)_(1-x)-Ni_x ili slične visokoentropijske slitine.

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

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetski multipoli i njihova detekcija

Sadržaj teme:

Polazeći od osnova magnetizma i magnetskih materijala student će opisati magnetski dipol i složenije multipole te prikazati polja koja oni stvaraju. Konstruirat će jednostavne induksijske senzore od žičanih petlji i eksperimentalno utvrditi kako različiti sklopljeni multipoli svojim gibanjem induciraju napone. Time će se sistematizirati pravila za jednostavan način detekcije i identifikacije različitih magnetskih multipola.

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

Mentor: dr. sc. Kornelija Passek-Kumerički

Institucija: IRB

Naslov teme: Izabrani procesi u Standardnom modelu i Nekomutativnom standardnom modelu

Sadržaj teme:

Današnji ubrzivači čestica omogućuju ispitivanje Standardnog modela (SM) elementarnih čestica kao i mogući uvid u odstupanja od Standardnog modela.

Jedne od zanimljivijih mogućnosti predstavljaju teorije koje uvode nekomutativnost između prostor-vrijeme koordinata, te za posljedicu imaju odstupanja od, u komutativnim teorijama uobičajenih, koncepata (npr. Lorentzova simetrija).

U literaturi su prisutni razni nekomutativni modeli koji opisuju interakcije elementarnih čestica, i njihova predviđanja je moguće usporediti s eksperimentom.

Ideja diplomskog rada je upoznavanje s osnovnim postavkama nekomutativnih teorija kao i specifičnog Nekomutativnog standardnog modela (NCSM).

Nadalje slijedi izvrednjavanje i usporedba izabranih procesa (u osnovnom redu računa smetnje) u Standardnom i Nekomutativnom standardnom modelu, a koristeći Feynmanova pravila iz literature.

U procesu izrade diplomskog rada student savladava osnove računanja Feynmanovih dijagrama u oba modela, susreće se s preispitivanjem raznih postavki koje se implicitno podrazumijevaju u komutativnim teorijama no ne vrijede nužno u nekomutativnim, te time učvršćuje i razumijevanje kvantne fizike i fizike Standardnog modela.

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: Utjecaj dinamike formiranja diobenog vretena na gubitak kromosoma

Sadržaj teme:

Za vrijeme mitoze, diobeno vreteno omogućuje osobitu preciznost u podjeli kromosoma, s greškom manjom od 10^{-6} u diploidnim stanicama kvasca u laboratorijskim uvjetima. U tetraploidnim stanicama, međutim, defekti se događaju znatno češće, što uključuje tisuću puta češći gubitak kromosoma, koji je najvjerojatnije posljedica neispravne veze kromosoma s mikrotubulima. U diplomskom radu, student/studentica će razviti teoriju koja će povezati poznate mehanizme formiranja diobenog vretena s gubitkom kromosoma. Teorijski će opis uključiti dinamička svojstva mikrotubula te dinamiku formiranja veze između mikrotubula i kromosoma u diploidnim i tetraploidnim stanicama. Teorija bi trebala predvidjeti kako se unutar pojedine populacije mijenja broj izgubljenih kromosoma te dati objašnjenje zašto u stanicama s dvostruko većim brojem kromosoma je gubitak kromosoma tisuću puta veći. Također, teorija bi trebala objasniti koje su se evolucijske promjene trebale dogoditi kod stanica koje iako imaju povećan broj kromosoma ostvaruju mali gubitak kromosoma prilikom diobe.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje ravnoteže sila i momenata u diobenom vretenu

Sadržaj teme:

Diobeno je vreteno mikro-stroj koji djelujući silama na kromosome omogućuje podjelu genetskog materijala između dvije stanice-kćeri. Centralno je pitanje stanične biofizike koje sile djeluju u diobenom vretenu. U ovom će se interdisciplinarnom radu, korištenjem bazičnih znanja iz teorije elastičnosti, proučavati sile i momenti u diobenom vretenu. Student/studentica bi za vrijeme diplomskog rada trebao napisati model za ravnotežu sila i momenata u diobenom vretenu. U tom će se modelu svežnjevi mikrotubula opisati kao tanki elastični štapovi koji se savijaju pod djelovanjem sila i momenata koji djeluju na polovima diobnog vretena. S obzirom na to da se o silama i momentima koji djeluju na polovima zna vrlo malo, model će biti napisan općenito, uključujući proizvoljnost smjerova sila i momenata. Konačno, model bi trebao dati predviđanja za oblike mikrotubula u diobenom vretenu, a koje planiramo eksperimentalno provjeriti.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Izokrono njihalo

Sadržaj teme:

Prije modernih atomskih satova, problem mjerenja vremena svodio se na harmoničke oscilatore. Jeftini oblik sata bilo je matematičko njihalo, koje ima problem da mu period ovisi o amplitudi titranja. Dugi niz godina razmatralo se kakvu krivulju treba opisivati njihalo kako bi mu period bio neovisan o amplitudi. U diplomskom radu pokazat će se kakva je obitelj krivulja koja zadovoljava ovaj uvjet, kako se mora dizajnirati njihalo kako bi pratilo takvu obitelj krivulja te će se konačno jedno ili više takvih njihala i izgraditi. Dobivenim izokronim njihalima mjerila bi se ovisnost perioda o amplitudi te bi se, u slučaju zadovoljavajuće točnosti, koristila u demonstrativne svrhe.

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

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

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Utjecaj tlaka na termoelektrična svojstva

Sadržaj teme:

Termoelektrični materijali nude mogućnost iskorištavanja dijela otpadne topline (waste heat) pretvarajući je u električnu energiju. Kako bi se procijenilo koliko je pojedini materijal učinkovit prilikom te 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 uniaksnalnog tlaka te njihovom primjenom i dosezima u eksperimentalnom istraživanju. U planu je na jednom visoko obećavajućem materijalu, napraviti mjerenja i analizu transportnih koeficijenata (električne otpornosti, termostruje i toplinske vodljivosti) te proučiti ponašanje i potencijalni utjecaj hidrostatskog i/ili uniaksnalnog tlaka.

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

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Istraživanje koreliranih sustava u ekstremnim uvjetima

Sadržaj teme:

U sustavima u kojima korelacije igraju značajnu ulogu često se javljaju zanimljiva osnovna stanja poput valova gustoće naboja ili spina, supravodljivosti, te raznih magnetskih uređenja. Vrlo često se tu radi o slojastim materijalima pošto snižena dimenzionalnost utječe na pojačavanje korelacijskih efekata. Pri proučavanju međudjelovanja koja definiraju osnovno stanje, hidrostatski i/ili uniaksnalni tlak su idealno oruđe pošto mogu direktno utjecati na dimenzionalnost sustava. Kupratni supravodiči su jedan primjer slojastog sustava gdje su korelacijski efekti koji dovode do sparivanja elektrona u supravodljive tzv. Cooperove parove efikasni do iznimno visokih temperatura. No interakcija koja je odgovorna za sparivanje elektrona još nije nedvojbeno identificirana. U tom smislu bi ovisnost transportnih svojstava (električnog otpora i termostruje) o hidrostatskom i/ili uniaksnalnom tlaku bila od velike pomoći te pomogla rasvijetliti ovaj problem. Drugi primjer su dihalogenidi koji su također slojasti sustavi te 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 raznim atomima i molekulama te na taj način mijenjati njihova elektronska svojstva. Velik broj interkaliranih sustava pokazuje neki oblik magnetskog uređenja koje može biti vrlo osjetljivo na primjenu hidrostatskog tlaka[1]. Interkalirani magnetski momenti su posloženi na trokutastoj rešetci te se u slučaju antiferomagnetskih interakcija ovdje javlja i frustracija. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od gore opisanih spojeva, ovisno o studentovoj preferenciji. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniaksnalnog tlaka od nekoliko GPa te mjerenjem fizikalnih veličina u tako ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u nedavno opremljenom laboratoriju 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 $\text{Co}_0.33\text{NbS}_2$; *Physical Review B* 84 (2011) 075157.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Miroslav Požek

Institucija: PMF

Naslov teme: Nova elektronska uređenja u kupratnim supravodičima

Sadržaj teme:

Visokotemperaturni supravodiči na osnovi bakra i kisika predmet su intenzivnih istraživanja u fizici čvrstog stanja već tri desetljeća. Uz supravodljivost na temperaturama znatno višim od konvencionalnih metala, ti kupratni spojevi sadrže veliko bogatstvo elektronski uređenih faza koje se dobivaju promjenom koncentracije slobodnih nosioca naboja – dopiranjem. Nedopirani spojevi su antiferomagnetski izolatori, dok već mali dodatak vodljivih šupljina potiskuje dugodosežno magnetsko uređenje i stvara relativno slabo istražen režim spinskog stakla. Supravodljivost se pojavljuje daljnjim dopiranjem iz te staklaste faze. Iako je poznato da se vodljive šupljine ponašaju kao konvencionalna Fermijeva tekućina na višim temperaturama, osnovno stanje slabo dopiranog materijala još uvijek nije dobro eksperimentalno istraženo. Nedavni teorijski radovi predviđaju postojanje novih uređenih faza koje nastaju interakcijom delokaliziranih šupljina i antiferomagnetskog uređenja, i poznate su kao feronematiki. U eksperimentima do sada nije nađen jasan dokaz postojanja feronematika, a njihovo pronalaženje dalo bi značajan doprinos razumijevanju elektronske fizike u kupratima. Cilj ovog rada će biti istraživanje slabo dopiranih spojeva iz porodice lantanovih kuprata, s ciljem pronalaska i karakterizacije novih uređenih stanja – feronematika. U radu će se koristiti novorazvijena eksperimentalna proba za određivanje toplinskog kapaciteta malih uzoraka, uz mogućnost mjerenja u visokim magnetskim poljima i na uzorcima različitih stupnjeva dopiranja. Time će se dobiti sveobuhvatna slika termodinamičkog ponašanja slabo dopiranih kuprata, istražiti raspadanje antiferomagnetskog uređenja i ustanoviti postoje li u tom režimu nove elektronski uređene faze.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivica Prlić

Institucija: IMI

Naslov teme: Modeliranje i izračun debljine štita/ova za prostoriju u kojoj će se koristiti multislojni dijagnostički rendgenski uređaj za kompjuteriziranu tomografiju u medicini

Sadržaj teme:

Svrha modeliranja i posebnog proračuna zaštite od ionizirajućeg (rendgenskog elektromagnetskog) zračenja prostorija u kojima su smješteni i koriste se izvori ionizirajućeg zračenja u medicini je ograničenje izlaganja ionizirajućem zračenju zaposlenika i javnosti na prihvatljivu razinu. Te prostorije moraju biti sagrađene od materijala odgovarajuće zaštitne moći i debljine koji će smanjiti izloženost ionizirajućem zračenju u okolini prostorije koliko je to razumski moguće postići (ALARA princip). Pri izboru materijala za zaštitu treba uzeti u obzir više faktora: atenuacijska svojstva korištenog materijala s obzirom na energiju ionizirajućeg zračenja, dimenzije prostorije, položaj i namjenu susjednih prostora, udaljenosti do najbližih radnih mjesta, radno opterećenje rendgenskog uređaja, itd. Cilj ovog rada je upoznati studenta sa općenitim konceptom proračuna štita, određivanjem primarne i sekundarne barijere, specifičnostima parametara vezanih uz proračun i optimizaciju debljine zidova prostorije u kojoj će se koristiti dijagnostički rendgenski uređaj za kompjuteriziranu tomografiju (CT uređaj), atenuacijska svojstva najčešće korištenih materijala pri različitim energijama ionizirajućeg zračenja. Po upoznavanju s literaturom student će provesti izračune debljine zidova, stropova, podova te prozora od olovnog stakla stvarne prostorije u kojoj se nalazi CT uređaj uzimajući u obzir specifičnosti rada korištenog uređaja te namjenu okolnih prostora. Očekuje se i rad na modeliranju općenitih parametara koji utječu na sekundarna raspršenja zračenja na barijerama prostorije. (menotr za ovaj rad će biti dr.sc. Marija Surić Mihić - najvjerojatnije)

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivica Prlić

Institucija: IMI

Naslov teme: Mjerenje/modeliranje osobnog doznog ekvivalenta $H_p(0,07)$ za šake izloženih radnika u nuklearnoj medicini uporabom termoluminiscentnih prsten dozimetara

Sadržaj teme:

Kod osoba koje manipuliraju otvorenim radioaktivnim izvorima koji se primjenjuju pacijentima u dijagnostičke i terapijske svrhe u nuklearnoj medicini ruke su najizloženije ionizirajućem zračenju. U svrhu minimizacije izlaganja ionizirajućem zračenju i prevencije determinističkih efekata provodi se dozimetrijski nadzor izloženih radnika uporabom osobnih dozimetara. Cilj ovog diplomskog rada je upoznavanje studenta s principom rada termoluminiscentnih (TL) dozimetara i dozimetrijskim metodama za određivanje osobnog doznog ekvivalenta $H_p(0,07)$ te faktorima koji utječu na mjerne rezultate. Student će naučiti osnove rada s čitačem TL dozimetara, samostalno očitavati osobne dozimetre, izračunavati vrijednost osobnog doznog ekvivalenta $H_p(0,07)$ za osobe koje su koristile TL dozimetar tijekom rada s različitim otvorenim radioaktivnim izvorima te dobivene podatke usporediti s dostupnim literaturnim podacima za sličnu vrstu rada. Dodana istraživačka vrijednost je izrada/prijedlog modela optimizacije načina nošenja i tipova držača TL dozimetara u dinamičkom okruženju rada u nuklearnoj medicini.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Negativni električni kapacitet

Sadržaj teme:

Pojam "negativnog električnog kapaciteta" zadnjih je godina vrlo često sretan u razvoju digitalne tehnologije, napose tehnologije FET tranzistora korištenih u konstrukciji računalnih procesora. Pojavio se, naime, fundamentalni problem donje granice promjene potencijala na kanalu FET-a, koja izazove promjenu struje, od 60 mV po dekadi. Ovo je rezultiralo stagnacijom operativne frekvencije procesora na cca. 2 GHz, a ostvarivanje napretka u brzini obrade podataka postiže se isključivo paralelizmom jezgri. Dodani sloj feroelektričnog materijala na dielektrik ispod vrata FET-a efektivno se ponaša poput serijskog spoja dva kapacitora od kojih jedan ima negativni kapacitet. Isti se ponaša poput transformatora napona temeljenog na pozitivnoj povratnoj sprezi koja dolazi od mikroskopskih stupnjeva slobode feroelektrika. Ovaj mehanizam omogućava prevazilaženje granice od 60 mV po dekadi i ima potencijalno važne konsekvence za digitalnu tehnologiju. Cilj ovog diplomskog rada je upoznati se s fizikom feroelektrika, Landauovim razvojem Gibbsove energije i faznim prijelazima, razmatranje rješenja Landau-Khalatnikov jednadžbe u statičkoj i dinamičkoj granici. Nakon toga student bi istražio literaturu i sagledao dobivene rezultate u svjetlu mogućih tehnoloških primjena poput ove navedene u uvodu teme.

Smjerovi: prof. fizike

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Računalno komponiranje i glazbene varijacije generirani kaotičnim preslikavanjima

Sadržaj teme:

Jačanje računalne snage od druge polovine osamdesetih na ovamo dovelo je do velikog napretka u implementaciji teorije kaosa. Nelinearne jednadžbe s kaotičnim rješenjima više nisu samo predmet aproksimativnog razmatranja već smo numeričkim rješavanjem dobili uvid u puno bogatstvo tih matematičkih struktura što je rezultiralo različitim primjenama u fizici i tehnologiji, pa čak i u glazbi. Cilj ovog rada proučiti je komponiranje glazbe računalom i generiranje varijacija na osnovnu melodiju pomoću algoritma temeljenog na različitim kaotičnim preslikavanjima u jednoj ili više dimenzija (npr. logistička i Henonova mapa, Lorenzov model i sl.). Algoritmom se generira varijacija tona tako da mu se na temelju kaotičnog ulaznog signala mijenja frekvencija, trajanje i tempo izvođenja, u okviru klasične harmonije. Na kraju ćemo harmonijskom analizom napraviti međusobnu usporedbu varijacija u glazbenom smislu. Rad ima za cilj dati doprinos multidisciplinarnom području u kojem dolazi do sinergije područja fizike nelinearnih dinamičkih sustava i područja klasične harmonije. Zbog toga je u okviru njegove izrade predviđena suradnja s izv. prof. dr. sc. Srđanom Dedićem s Muzičke akademije Sveučilišta u Zagrebu.

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

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: 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. Vezanje 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. Vezanje električnih (tuneliranje elektrona s distinkcijom spina) i mehaničkih (vibracije nanocjevčice) stupnjeva slobode izvršeno je magnetomotornim vezanjem 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: 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: Supravodljivost i primjene

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Jordi Sancho Parramon

Institucija: IRB

Naslov teme: Izrada i karakterizacija kompleksnih tankih slojeva s metalnim otočićima

Sadržaj teme:

Slojevi s metalnim otočićima su dvodimenzionalne tvorevine metalnih nanočestica dobivenih naparavanjem metala na dielektričnu podlogu. Optičkim svojstvima tih filmova dominira rezonancija površinskih plazmona od slobodnih elektrona u otočićima. Ova rezonancija ovisi o morfologiji otočića i njihovoj okolini. U ovom radu će kandidat sudjelovati u izradi i karakterizacija tankih slojeva koji se sastoje od metalnih otočića sa strukturom jezgre-omotača, te onih nastalih legiranjem dva metala. Kandidat će biti uključen u eksperimentalne tehnike izrade uzoraka (naparavanje elektronskom snopom), njihovu optičku karakterizaciju (spektroskopskom elipsometrijom) i uspostavljanje korelacije između uvjeta izrade i optičkih svojstava uzoraka.

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

Mentor: dr. sc. Jordi Sancho Parramon

Institucija: IRB

Naslov teme: Numerički izračuni elektromagnetskog ponašanja metalnih nanočestica u pretvorbi sunčeve energije

Sadržaj teme:

Pobuda rezonancije površinskih plazmona u metalnim nanočesticama rezultira jakom apsorpcijom i raspršenjem svjetlosti i ima primjenu u mnogim područjima, od medicine do telekomunikacija. Ovaj efekt se od nedavno koristi i za poboljšanje efikasnosti pretvorbe solarne energije u fotonaponskim uređajima, cijepanje vode i generaciju vodene pare. Optimiziranje svojstava nanočestica (materijala, njihove veličine i oblika) zahtijeva precizan izračun njihova elektromagnetskog ponašanja numeričkim rješavanjem Maxwellovih jednadžbi. U ovom radu kandidat će primijeniti različite numeričke kodove razvijene u našem laboratoriju (metoda graničnih elemenata, aproksimacija spojenih dipola, konačne razlike u vremenskoj domeni) kako bi se izračunala svojstva metalnih nanočestica relevantna za pretvorbu solarne energije (pojačanje bliskog polja, raspršenje svjetla u dalekom polju).

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

Mentor: dr. sc. Zdravko Siketić

Institucija: IRB

Naslov teme: Mjerenje kutne distribucije raspršenih iona pomoću 2D pozicijski osjetljive PiN diode

Sadržaj teme:

Na ionskoj mikroprobi, u Laboratoriju za Interakcije ionski snopova Instituta Ruđer Bošković, dobivaju se snopovi MeV-skih energija fokusirani na dimenzije od nekoliko mikrometara. Veličina fokusiranog snopa definira i maksimalnu prostornu razlučivost korištenih analitičkih metoda. Cilj diplomskog rada je povećati prostornu razlučivost metoda koristeći činjenicu da je fokusirani snop divergentan i da se iz dvodimenzionalne distribucije raspršenog divergentnog snopa može izvući dodatna informacija o početnoj poziciji. Dvodimenzionalna distribucija bi se mjerila pomoću pozicijski osjetljive PiN fotodiode koja je prvenstveno namijenjena za detekciju fotona. Diplomski rad bi uključivao prilagodbu pozicijski osjetljive PiN diode za detekciju ionskog snopa (sustav za očitavanje pozicije i energije), te dekonvoluciju snimljenog 2D spektra u cilju poboljšanja prostorne razlučivosti.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Hrvoje Skenderović

Institucija: IFS

Naslov teme: Izrada kompjuterski generiranih holograma pomoću femtosekundnog lasera

Sadržaj teme:

Razlika između fotografije i holograma je u tome da fotografija bilježi intenzitet svjetla dok hologram bilježi intenzitet i fazu. Holografija se ostvaruje zapisivanjem interferentnih pruga između koherentnog svjetla i svjetla koje se reflektira od objekta. Za rekonstrukciju slike potrebno je hologram obasjati koherentnom svjetlošću. Rekonstruirana slika tada posjeduje sve osobine objekta poput dubine fokusa ili perspektive. Međutim, razvojem numeričkih metoda moguće je računalno generirati hologram (CGH) koji predstavlja sliku nekog realnog ili izmišljenog objekta. Ovakav CGH je 2D matrica realnih brojeva koja se može fizički zapisati u neki medij. Metode CGH se koriste u 3D imagingu, holografskoj kriptografiji, pohranjivanju podataka i drugdje. Zapis CGH-a na neki medij je nekada bio ograničen kompliciranim litografskim metodama, a jedna od alternativa je direktno zapisivanje laserom. Jedinstvene osobine fs lasera omogućuju kvalitetan zapis visoke rezolucije (~8000 dpi) odnosno reprodukciju većih objekata iz holograma male veličine. Diplomski rad za nastavni smjer bi se sastojao u ovladavanju numeričkim metodama za izradu CGH i rekonstrukciju slike, te ispitivanju utjecaja pojedinih parametara na kvalitetu rekonstrukcije. Diplomski rad za studente istraživačkog smjera bi tome dodao i izradu holograma na reflektirajućoj površini metala pomoću fs lasera i postojećeg optičko-mehaničkog sustava za direktno upisivanje laserom.

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

Mentor: dr. sc. Željko Skoko

Institucija: PMF

Naslov teme: Metoda najmanjih kvadrata i primjena na problem utočnjavanja kristalne strukture

Sadržaj teme:

Metoda najmanjih kvadrata je standardni pristup u regresijskoj analizi za dobivanje aproksimativnog rješenje za skupove jednadžbi kod kojih je broj jednadžbi veći od broja nepoznanica. Izraz "najmanji kvadrati" znači da ukupno rješenje minimizira zbroj kvadrata grešaka koje postoje u rezultatima svake pojedine jednadžbe. Najvažniju primjenu metoda ima u prilagodbi podataka (eng. data fitting). Najbolja prilagodba dobiva se minimiziranjem zbroja kvadrata reziduala. Rezidual je razlika između opažene (mjerene) vrijednosti i prilagođene vrijednosti koju daje model. Problemi koji se rješavaju metodom najmanjih kvadrata spadaju u dvije kategorije: linearni ili obični kvadrati, te nelinearni kvadrati, ovisno o tome da li su reziduali linearni za sve nepoznanice. U radu će se detaljno razmotriti sljedeći modeli: linearna regresija, jednostavna regresija, obični najmanji kvadrati, polinomna regresija i općeniti linearni model, te nelinearna regresija, neparometrijska i semiparametrijska regresija. Poseban naglasak biti će stavljen na primjenu metode najmanjih kvadrata u Rietveldovoj metodi utočnjavanja kristalne strukture iz podataka rendgenske difrakcije u prahu. Ova metoda koristi metodu najmanjih kvadrata za utočnjavanje teorijske difrakcijske slike kristalnog materijala sve dok se ne dobije najveće slaganje s mjerenom slikom. Eksperimentalni dio rada sadrži mjerenje različitih materijala metodom rendgenske difrakcije, te analizu mjerenja Rietveldovom metodom.

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

Mentor: dr. sc. Željko Skoko

Institucija: PMF

Naslov teme: Ekonofizika - vrijede li fizički zakoni u svijetu financija?

Sadržaj teme:

Ekonofizika je interdisciplinarno istraživačko područje u kojem se primjenjuju teorije i metode izvorno razvijene od fizičara s ciljem rješavanja problema u ekonomiji, obično one koji u sebi uključuju neodređenosti ili stohastičke procese i nelinearnu dinamiku. Osnovni alati koji se koriste u ekonofizici su metode statistike i vjerojatnosti, najčešće preuzete iz statističke fizike. Neki od fizičkih modela koji su primijenjeni u ekonomiji su kinetička teorija plinova (nazvana kinetički modeli izmjene tržišta), perkolacijski modeli, modeli kaosa te razni modeli predviđanja potresa. Budući da su problemi u ekonomiji rezultat međudjelovanja velikog broja heterogenih faktora, postoji analogija sa statističkom mehanikom gdje postoji međudjelovanje velikog broja čestica, ali s bitnom razlikom - osobine ljudskih jedinici i čestica su veoma različite. Jedan od osnovnih razloga koji je doveo do razvoja ekonofizike je dostupnost ogromne količine financijskih podataka, trend koji se pojavio krajem 20. stoljeća. Tada je postalo očito da su tradicionalne metode analize nedovoljne - uobičajene ekonomske metode bavile su se ravnotežnim situacijama, dok veliki broj zanimljivih fenomena koji se pojavljuju na financijskim tržištima proizlaze iz neravnotežnih uvjeta. U ovom radu prikazat će se povijesni prikaz ekonofizike od njenih začetaka sredinom 1990.-ih s posebnim naglaskom na različite fizičke modele koji se primjenjuju u ekonomiji, te na način na koji su modificirani. U zaključnom dijelu objasnit će se uspješnost primjene tih modela, te dati predviđanja za buduće primjene.

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

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Toplinski plašt nevidljivosti – vođenje difundirajućih čestica

Sadržaj teme:

Toplinski plašt nevidljivosti – vođenje difundirajućih čestica [istr. smjer]

Vođenje topline i difuzija čestica su načelno nasumični procesi pa se usmjereno vođenje topline ili difundirajućih čestica čini teorijski nemogućim. Ipak, nedavno je eksperimentalno pokazano [1] da strukture koje se sastoje od slojeva različitih provodnosti mogu zasjeniti, usmjeriti (koncentrirati) ili čak obrnuti postojeći tok topline. Također, moguće je rukovati tokom topline tako da se veliki poremećaj unutar vodljive tvari sakrije: toplinski tok iza poremećaja ponaša se kao da nema poremećaja, tj. kao da je poremećaj nevidljiv, pa se zato ovaj učinak zove toplinski plašt nevidljivosti. [2] Unutar ovog rada treba pokazati da se slične strukture mogu koristiti kako bi se rukovalo difuzijom čestica (difuzijski plašt nevidljivosti) te istražiti moguće eksperimentalne i tehničke primjene pronađenih mehanizama i modela.

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

[1] Narayana, S. i Sato, Y. Phys. Rev. Lett. 108, 214303, 2012. [2] Schittny, R. et al. Phys. Rev. Lett. 110, 195901, 2013.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Hydrogen-bond kinetics in liquid water in external electric fields

Sadržaj teme:

Hydrogen-bond kinetics in liquid water in external electric fields

The dynamical structure of liquid water is often characterized as a fluctuating network of hydrogen bonded molecules, in which specific molecular motions, such as restricted translations and rotations, contribute to many practically important phenomena (e.g., acoustics). The process of breaking and making hydrogen bonds in the condensed phase can be efficiently studied by means of computer simulations. Indeed, the molecular dynamics simulations have revealed that on long timescales the relaxation behaviour of hydrogen bonds in liquid water exhibit non-exponential kinetics for which an adequate theoretical framework is already developed. However, the influence of the externally applied electric field on the hydrogen bond dynamics is not satisfactorily understood. The idea of the project is to systematically investigate the temperature dependence of the hydrogen bond kinetics and thermodynamics of liquid water at an appropriate interval of electric field strengths.

Requirements: Basic general knowledge of chemistry/physics is necessary. Capability to communicate in English. Experience with programming and molecular dynamics simulations is welcomed, but not necessary.

Smjerovi: prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Izgradnja intuicije o elastičnosti pomoću ugrubljenog modela membrane

Sadržaj teme:

Izgradnja intuicije o elastičnosti pomoću ugrubljenog modela membrane [svi prof. smjerovi]

U gotovo svim udžbenicima fizike metodički pristup pri uvođenju ideje elastičnosti je formalan, a ne intuitivan, zbog čega u prosjeku učenici ne uspiju izgraditi mikroskopsku zamisao elastičnosti materijala. Ugrubljeni model membrane kao dvosloja kuglica koje su vodoravnim oprugama povezane sa svojim susjedima u ravnini svoga sloja, a uspravnim oprugama sa susjedima iz drugog sloja, jedan je od najpogodnijih prikaza najvažnijih elastičnih svojstava materijala i mikroskopskog podrijetla tih svojstava, kao i veze titranja s elastičnošću materijala. U ovom radu student bi (1) osmislio i proveo ulazno malo istraživanje razumijevanja koncepta elastičnosti kod gimnazijskih učenika na uzorku od oko 200 učenika; (2) osmislio i izgradio prijenosni eksperimentalni model ugrubljene membrane; (3) osmislio i metodički obradio nastavnu jedinicu ili više njih u kojima bi uveo i obradio osnovne pojmove i pojave vezane uz elastičnost s naglaskom na raspravu i kviz kao glavne metode te biološku primjenu kao glavnu međupredmetnu vezu; (4) osmislio i proveo izlazno malo istraživanje analogno ulaznom; (5) analizirao i interpretirao rezultate iz (1) i (4) te analizirao uspješnost ovog pristupa.

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

Mentor: dr. sc. Ana Sunčana Smith

Institucija: IRB

Naslov teme: Dinamika difuzije površinom stanične membrane

Sadržaj teme:

Dinamika difuzije površinom stanične membrane [istr. smjer, smjer prof. fiz. i inf.]

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 povezo 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 i informatike

Mentor: dr. sc. Vernesa Smolčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Sinkrotronsko zračenje galaksija

Sadržaj teme:

Radio emisijom galaksija dominira sinkrotronska emisija koja dolazi od elektrona ubrzanih bilo udarnim valom povezanim sa supernovama (a time i stvaranjem zvijezda), bilo od procesa povezanih sa masivnim nuklearnim objektom (Aktivna galaktička jezgra, AGN) ili kombinacijom. U radu ce student obraditi sliku nebeskog polja snimljenu u radio valnom području, analizirati katalog radio izvora te izvesti zaključke o spektrima sinkrotronskog zračenja (razlučenih i nerazlučenih) galaksija detektiranih u polju.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vernesa Smolčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Optička identifikacija radio izvora u XXL-South polju koristeći tehniku vjerojatnosti

Sadržaj teme:

Radio emisijom galaksija dominira sinkrotronska emisija koja dolazi od elektrona ubrzanih bilo udarnim valom povezanim sa supernovama (a time i stvaranjem zvijezda), bilo od procesa povezanih sa masivnim nuklearnim objektom (Aktivna galaktička jezgra, AGN) ili kombinacijom. Budući da samo na temelju radio emisije nije moguće identificirati prirodu radio izvora, identifikacija istog izvora u optičkom i rendgenskom području temeljni je korak za proučavanje prirode i evolucije radio izvora. Koristeći nove podatke dobivene u radio, optičkom i rendgenskom području, student će naučiti tehnike za asocijaciju optičkih i radio izvora te će proučavati njihovu prirodu i evoluciju.

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

Mentor: dr. sc. Ivica Smolić

Institucija: PMF

Naslov teme: Nasljeđivanje simetrija

Sadržaj teme:

Polja materije ne moraju nužno imati iste simetrije kao i prostorvrijeme u kojem se ona nalaze. Kada se takvo što dogodi, kažemo da je polje nasljedilo simetriju. Jedno od važnih otvorenih pitanja u općoj teoriji relativnosti je rasvjetljavanje uvjeta pod kojima je ovakvo nasljeđivanje nužno te klasifikacija mogućih tipova lomljenja simetrije. Jedna od mogućih posljedica nenasljeđivanja simetrije je postojanje novih opservabli vezanih za crne rupe, kao što to pokazuje nedavno otkriven primjer skalarnе kose na rotirajućoj crnoj rupi. Cilj ovog rada je napraviti pregled nasljeđivanja simetrija za skalarna i elektromagnetska polja, njihovih posljedica na fiziku crnih rupa te pokušati riješiti neka od otvorenih pitanja u ovom području.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivica Smolić

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektrodinamika crnih rupa

Sadržaj teme:

Crne rupe mogu posjedovati elektromagnetsko polje, bilo ono "internog tipa" (npr. Kerr-Newmanova crna rupa) ili proizvedeno vanjskim izvorima (npr. strujama u akrecijskom disku). Analiza ponašanja elektromagnetskih polja u okolini crnih rupa važna je, između ostalog, i zbog razumijevanja postanka astrofizičkih mlazova (eng. jets), materije koja je relativističkim brzinama izbačena duž osi rotacije kompaktnih astrofizičkih objekata. U ovom radu bi bile obrađene kovarijatne metode analize elektromagnetskih polja u općenitom prostorvremenu (poput npr. formalizma besilnog elektromagnetizma), kao i specifični elektromagnetski fenomeni vezani za crne rupe (poput npr. Meissnerovog efekta crnih rupa).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Neven Soić

Institucija: IRB

Naslov teme: Nuklearni procesi u sudarima jezgara 9Li i 7Li

Sadržaj teme:

Nuklearni procesi do kojih dolazi u sudarima dvije atomske jezgre na nekoj njihovoj relativnoj energiji ovise o građi jezgara pa se mjerenjima nuklearnih reakcija dobivaju važne informacije o nuklearnoj strukturi. Za razumijevanje nuklearne građe osobito su važne informacije o lakim jezgrama bogatim neutronima za koje je u posljednjih 20-tak godina pronađeno značajno odstupanje od građe stabilnih jezgara i neke vrlo egzotične grozdaste (klusterske) strukture. Eksperimentalni dio rada uključuje mjerenja nuklearnih procesa između snopa kratkoživućih neutronima vrlo bogatih jezgara 9Li i klasične grozdaste (klusterske) jezgre 7Li (odgovara građi $4\text{He}+3\text{H}$) koja će se izvesti na postrojenju za radioaktivne snopove ISAC-II na Canada's national laboratory for particle and nuclear physics and accelerator-based science TRIUMF u Vancouveru. Kutne raspodjele produkata reakcija odrediti će se pomoću silicijskog detektorskog teleskopa koji omogućuje identifikaciju i daje precizne informacije o energiji i položaju detektirane jezgre za veliko područje kuteva. Identificirati će se nuklearni procesi do kojih je došlo u interakciji snopa 9Li s jezgrama 7Li u meti i odrediti neke osnovne informacije o građi produkata nuklearnih reakcija. Do sada nisu objavljeni rezultati mjerenja reakcija između 9Li i 7Li , uključujući čak i elastično raspršenje koje daje informacije o građi jezgre 9Li . Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati i aktivno uključiti u sve faze eksperimentalnog rada u nuklearnoj fizici: pripremi eksperimenta, postavljanju detektora i elektronike, obavljanju mjerenja, obradi podataka mjerenja i interpretaciji dobivenih rezultata. Eksperiment se planira izvesti do rujna ove godine.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Neven Soić

Institucija: IRB

Naslov teme: Nuklearne reakcije izazvane 7Li na lakim jezgrama različitih građa

Sadržaj teme:

Nuklearni procesi do kojih dolazi u sudarima dvije atomske jezgre na nekoj njihovoj relativnoj energiji ovise o građi jezgara pa se mjerenjima nuklearnih reakcija dobivaju važne informacije o nuklearnoj strukturi. Neke lake jezgre imaju izrazito deformirano osnovno stanje koje odgovara grozdastoj (klusterskoj) građi, i u nuklearnim reakcijama s drugim jezgrama dominirati će reakcije prijenosa tih grozdova (klastera). Klasičan primjer takve jezgre je 7Li s građom $4\text{He}+3\text{H}$. Eksperimentalni dio rada uključuje mjerenja nuklearnih procesa između snopa 7Li i jezgara različitih građa (7Li , ^{12}C , ^{19}F , ^{27}Al) koja će se izvesti na Tandem Van de Graaff akceleratoru Instituta Ruđer Bošković. Kutne raspodjele produkata reakcija odrediti će se pomoću silicijskog detektora koji daje precizne informacije o energiji i položaju detektirane jezgre za razmjerno veliko područje kuteva. Identificirati će se nuklearni procesi do kojih je došlo u interakciji snopa 7Li s jezgarama u meti i odrediti neke osnovne informacije o građi produkata ovih nuklearnih reakcija. Diskutirati će se utjecaj građe jezgara u ulaznom kanalu reakcije na dinamiku nuklearnih procesa. Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati i aktivno uključiti u sve faze eksperimentalnog rada u nuklearnoj fizici: pripremi eksperimenta, postavljanju detektora i elektronike, obavljanju mjerenja, obradi podataka mjerenja i interpretaciji dobivenih rezultata.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davorin Sudac

Institucija: IRB

Naslov teme: Razvoj metode aktivacije brzim neutronima za podvodno određivanje rijetkih zemalja u morskom sedimentu

Sadržaj teme:

Metali rijetkih zemalja (rare earth elements, REE) pripadaju grupi elemenata koji uključuju itrij, skandij i lantanide. REE su nezamjenjive u industriji visoke tehnologije. Trenutno najveću komercijalnu vrijednost postižu REE koje se koriste za proizvodnju snažnih permanentnih magneta, te energetski učinkovitih rasvjetnih tijela i zaslona, ali imaju i brojne druge primjene. Zbog visoke potražnje rijetkih zemalja, pronalaženje njihovih novih isplativih eksploatacijskih izvora postaje od sve veće ekonomske važnosti. Kao vrlo perspektivna nalazišta smatraju se dubokomorski sedimenti jer se REE na nekim lokacijama talože u visokim koncentracijama u obliku nodula. U našim prethodnim istraživanjima razvili smo daljinski upravljivu ronilicu s neutronske senzora za podvodna istraživanja eksploziva i drugih opasnih materijala (FP7 UNCOSS). Cilj predloženog istraživanja je razvoj metode aktivacije brzim neutronima za podvodnu prospekciju REE u dubokomorskim sedimentima. Ukoliko se pokaže efikasnom u smislu pouzdanosti i brzine detekcije, metoda bi mogla pridonijeti ekonomičnijem pretraživanju morskog dna u svrhu pronalaženja potencijalnih dubokomorskih ležišta REE.

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

Mentor: dr. sc. Davorin Sudac

Institucija: IRB

Naslov teme: Određivanje stehiometrijskog omjera kemijskih elemenata u uzorku pomoću neutronske aktivacijske analize

Sadržaj teme:

Upotreba brzih neutrona u određivanju kemijskog sastava tvari aktualna je u zadnjih petnaest godina, zbog njihove prodornosti, nedestruktivnosti i mogućnosti da se selektivno bira dio prostora koji se istražuje. Često je potrebno ne samo kvalitativno utvrditi prisutnost nekog kemijskog elementa, već i identificirati istraživani uzorak, npr. radi li se o eksplozivu, narkotiku ili nekoj drugoj tvari. U okviru diplomskog rada prirediti će se specijalni uzorci, koji imaju poznati omjer broja atoma ugljika i aluminija, atoma ugljika i sumpora itd., pomoću kojih će se izraditi kalibracijske krivulje koje poveju stehiometrijske C/Al, C/S, C/F ... omjere i omjere dobivene neutronske aktivacijske metodom. Pomoću kalibracijskih krivulja odredit će se kemijska formula nepoznatog uzorka. U nastavku ispitati će se mogućnost kvantitativnog utvrđivanja količine pojedinih sastojaka u smjesi.

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

Mentor: dr. sc. Ana Sušac

Institucija: PMF

Naslov teme: Primjena zakona očuvanja energije i količine gibanja

Sadržaj teme:

Jedan od ciljeva nastave fizike je razviti sposobnost matematičkog modeliranja fizikalnih situacija. Ta se sposobnost kod učenika i studenata razvija rješavanjem zadataka u kojima primjenjuju fizikalne zakone u različitim kontekstima. Edukacijska istraživanja u fizici ukazala su na brojne poteškoće u primjeni zakona očuvanja kod rješavanja zadataka iz mehanike. U ovom diplomskom radu će se istražiti kako studenti primjenjuju zakone očuvanja energije i količine gibanja u jednostavnim primjerima.

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

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 povećanje udarnog presjeka za prijenos parova nukleona. Sparivanje nukleona povezano je sa svojstvima nuklearne sile koja nisu obuhvaćena opisima jezgara kao skupa nukleona u zajedničkom centralnom polju. 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 podataka mjerenja teškoionskih sudara $^{116}\text{Sn}+^{60}\text{Ni}$ i $^{92}\text{Mo}+\text{Fe}$, te izvednjavanje 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. Za razmjevanje analiziranih podataka potrebno je razumjevanje dinamike sudara teških jezgara.

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. Tonči Tadić

Institucija: IRB

Naslov teme: Mikro-IBA analiza čestica iz fuzijskih reaktora

Sadržaj teme:

Cilj tokamaka JET (Joint European Torus) je pokazati efikasnost rada fuzijskih reaktora u uvjetima kakvi se predviđaju na Međunarodnom eksperimentalnom reaktoru ITER: plazma od deuterija i tricija, uz unutarnju stijenku tokamaka načinjenu od volframskih ploča presvučenih berilijem. Procesi međudjelovanja DT plazme sa stijenkama tokamaka izaziva njihovu eroziju i depoziciju erodiranog materijala na volframskim pločama u donjem dijelu JET-a, tj. u divertoru. U procesima depozicije na pločama divertora stvara se sloj (kora) od deponiranog materijala, ali dolazi i do stvaranja čestica fuzijske prašine, veličine od nekoliko mikrometara do nekoliko stotina mikrometara. Najučinkovitiji pristup analizi individualnih čestica fuzijske prašine je kombiniranje mikroskopije i analitičkih metoda temeljenih na ubrzanim ionima (IBA analiza), odnosno analiza fuzijskih čestica pomoću ionske mikroprobe, koristeći ubrzane ione ^3He . Pri tome se ionima inducirano X-zračenje koristi u PIXE metodi za opažanje distribucije i koncentracije tipičnih težih elementa koji se mogu naći u plazmi fuzijskog reaktora (silicija, željeza, kroma, nikla, bakra i volframa), dok se produkti nuklearnih reakcija koriste u NRA metodi za opažanje berilija, ugljika i posebno fuzijskog goriva deuterija, iz čega se može zaključiti kolika je retencija fuzijskog goriva na stijenkama tokamaka, te koja je putanja migracije čestica fuzijske prašine. Čestice fuzijske prašine iz divertora prilikom remonta JET-a zalijepljene su na nosač tj. krug od ljepljive karbonske trake promjera 25 mm. Cilj ovog diplomskog rada je pronaći korelaciju između elemenata koji čine česticu fuzijske prašine s jedne strane i prisutnosti deuterija i berilija u pojedinim česticama na uzorcima fuzijske prašine iz divertora tokamaka JET.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetski Weylovi polumetali: Heuslerovi spojevi

Sadržaj teme:

Topološki izolatori i topološki polumetali spadaju u nove klase kvantnih materijala za koje su karakteristična specifična površinska stanja inducirana topologijom strukture vrpca. Diracovi i Weylovi polumetali pokazuju karakterističnu linearnu disperziju oko čvorova. Weylovi fermioni su posebno zanimljivi jer se radi o bezmasenim česticama, koje su teorijski predviđene 1929, a pronađene tek nedavno u fizici čvrstog stanja. U ovom radu je predviđeno eksperimentalno istraživanje posebnih materijala - Heuslerovih spojeva, koji imaju bogat fazni dijagram i zanimljiva osnovna stanja, kao što su magnetizam i nekonvencionalna supravodljivost. U tim materijalima tražit ćemo specifičan potpis fizike Weylovih polumetala. Predviđa se mjerenje promjene električnog otpora s temperaturom, električnog otpora u magnetskom polju (magneto otpora) i Hallovog efekta u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 0.3 K do 300 K.

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: 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. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetotransportna svojstva organskih vodiča

Sadržaj teme:

Od sedamdesetih godina prošlog stoljeća počelo je intenzivno istraživanje organskih vodiča, zbog teorijske pretpostavke da bi mogli pokazivati supravodljivost na vrlo visokim temperaturama. Organski supravodiči su uspješno sintetizirani, ali njihovo supravodljivo stanje nikad nije došlo do visokih temperatura, no i do danas traje vrlo intenzivno istraživanje njihovih svojstava, posebice zbog vrlo bogatih faznih dijagrama koje ti spojevi čine. Značajno svojstvo organskih vodiča je anizotropija u električnoj vodljivosti, što znači da je otpornost u jednom ili dva smjera znatno manja nego otpornost u trećem smjeru, pa govorimo o niskodimezionalnim vodičima. U ovom radu predviđena su mjerenja promjene električnog otpora s temperaturom, električnog otpora u magnetskom polju (magnetootpora) i Hallovog efekta u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 1.5 K do 300 K. Proučavanjem magnetotransportnih svojstava se mogu odrediti bitni parametri, kao što su anizotropija vodljivosti, vrsta, koncentracija i pokretljivost nosioca naboja, te karakteristike Fermijeve plohe. Na taj se način mogu proučavati svojstva raznih faza u faznim dijagramima organskih vodiča. Student 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), 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 i slično. 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 femtosekundnim 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 (spojeva u kojima su dvije acilne skupine vezane na isti dušikov atom) 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: "Termionski efekt i njegove primjene"

Sadržaj teme:

Termionska ili termoelektronska emisija je emisija elektrona iz metala uzrokovana dovođenjem toplinske energije metalu. Broj elektrona koji napuštaju metal jako ovisi o temperaturi kao i o vrsti metala i dobro je opisan Richardson-Dushmanovom jednažbom. U prvom dijelu rada student će prikazati povijest istraživanja termionskog efekta. U drugom dijelu istražiti će fizičke procese i model kojim objašnjavamo termionsku emisiju. U trećem dijelu rada opisat će neke najvažnije primjere korištenja termionskog efekta - (1) u razvoju elektronskih cijevi korištenih u radio-tehnici, (2) za termionske pretvarače energije („Thermionic energy converters“) te (3) za posebne detektore visoke osjetljivosti korištene u atomskoj laserskoj spektroskopiji.

Predlagatelj: prof. Damir Veža (veza@phy.hr)

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

Mentor: dr. sc. Damir Veža

Institucija: PMF

Naslov teme: "Primjena niskotlačnog izboja za električnu propulziju svemirskih brodova"

Sadržaj teme:

Električna propulzija za pogon svemirskih brodova koristi električnu umjesto kemijske energije za ubrzavanje, usporavanje i/ili promjenu položaja satelita u orbiti, pa čak i za međuplanetarne letove. Dok se u kemijskim raketnim motorima koristi kemijska reakcija tijekom koje se propelant velikom brzinom izbacuje iz motora i tako ostvaruje potisak, u sustavima za električnu propulziju propelant se potiskuje iz motora korištenjem električnog polja. Svim takvim sustavima zajedničko je korištenje niskotlačnog izboja kao osnove za njihov rad. U prvom dijelu rada student će prikazati povijesni razvoj ideje i realizacije električne propulzije. U drugom dijelu upoznat će se sa svojstvima niskotlačnog izboja na kojem se osniva rad električnih potisnika odnosno propulzije. U trećem dijelu rada prikazat će nekoliko najzanimljivijih realizacija električne propulzije i opisati njihova osnovna svojstva, prednosti i nedostatke.

Predlagatelj: prof. Damir Veža (veza@phy.hr)

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

Mentor: dr. sc. Damir Veža

Institucija: PMF

Naslov teme: „Low temperature plasma functionalisation of oxide nanorods by means of grafting and deposition of functional groups“

Sadržaj teme:

Oxide materials are used for many applications, for example in microbatteries. The goal of the research subject is functionalization and doping of such structures by low temperature plasmas. One step further is space filling or enrobing of such structures by low temperature plasma synthesized conductive polymers. The goal of the work is to contrôle the plasma process, learn how to use and apply different plasma diagnostics, like mass spectroscopy or microwave interferometry. The plasma diagnostics is compared with the results of material analysis after the surface treatments with plasmas. Material diagnostics are concerning: in-situ FTIR, SEM, TEM, AFM or synchrotron diagnostics.

Tema se predlaže u okviru suradnje "Double Master" FO PMFa sa Sveučilištem u Orleansu (vidi http://www.pmf.unizg.hr/phy?@=1j7tl#news_26990).

Contact person(s): Prof Eva Kovačević, Eva.Kovacevic@univ-orleans.fr , GREMI, Uni-Orléans, Orléans Cedex 2, FRANCE

Osoba za kontakt na FO: Prof. Damir Veža, veza@phy.hr

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Veža

Institucija: PMF

Naslov teme: „Fabry-Perot interferometar“

Sadržaj teme:

Među interferometrima koji su danas u upotrebi u istraživanjima iz optike i atomske fizike, Fabry-Perotov interferometar (FPI) i njegove izvedenice važni su zbog svoje jednostavnosti konstrukcije i vrlo visoke moći razlučivanja. U prvom dijelu diplomskog rada student će prikazati povijest Fabry-Perot interferometra. U drugom dijelu student će proučiti fizičke osnove rada interferometara općenito, s posebnim osvrtom na Fabry-Perotov interferometar, detalje konstrukcije i optička svojstva. U trećem dijelu bit će prikazana najzanimljivija i najvažnija područja primjene FPI. Posebno će biti prikazana upotreba FP interferometra u klasičnim i laserskim spektroskopskim istraživanjima u atomskoj fizici.

Predlagatelj: prof. Damir Veža (veza@phy.hr)

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

Mentor: dr. sc. Dario Vretenar

Institucija: PMF

Naslov teme: Kvantni fazni prijelazi u atomskim jezgrama

Sadržaj teme:

Kvantni fazni prijelazi (QPT) predstavljaju kvalitativne promjene svojstava osnovnog stanja fizikalnog sustava inducirane varijacijom jednog ili više parametara Hamiltonijana. QPT odvijaju se na temperaturi nula i određeni su kvantnim fluktuacijama. U dinamičkim sustavima konačnih dimenzija, na primjer atomskim jezgrama, molekulama, grozdovima atoma itd., QPT opisuju promjene oblika njihovih ravnotežnih konfiguracija. U opisu QPT u atomskim jezgrama važnu ulogu ima konačan broj čestica u sustavu, fluktuacije parametara deformacije ravnotežnog oblika, kao i međuovisnost bozonskih i fermionskih stupnjeva slobode u jezgrama s neparnim brojem nukleona. U okviru predloženog rada bit će provedeno teorijsko istraživanje odlika kvantnih faznih prijelaza u atomskim jezgrama s parnim brojem protona i neutrona (bozonski sistemi) i jezgrama s neparnim brojem nukleona (bozonsko-fermionski sistemi), zasnivano na teoriji nuklearnih funkcionala gustoće i algebarskim modelima nuklearne strukture. Z. P. Li, T. Nikšić, D. Vretenar, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 43,024005 (2016), K. Nomura, T. Nikšić, D. Vretenar, Phys. Rev. C 94, 064310 (2016).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Dario Vretenar

Institucija: PMF

Naslov teme: Modeliranje procesa nuklearne fisije

Sadržaj teme:

Spontana i inducirana fisija predstavljaju kompleksan proces evolucije atomske jezgre od početnog (osnovnog) stanja do konačnog stanja dvaju fragmenata i uključuje tuneliranje kroz potencijalne barijere u višedimenzionalnom kolektivnom prostoru deformacija. Teorija nuklearne fisije još uvijek nije u stanju potpuno kvantitativno opisati osnovne značajke ovog procesa: visinu fisionih barijera, energije pobuđenja fisionih izomernih stanja, poluživote jezgara koje se raspadaju spontanom fisijom, raspodjelu masa i kinetičkih energija fragmenata. Osim praktičnih primjena, fisija ima važnu ulogu u sintezi elemenata koja se odvija procesom brzog uhvata neutrona (r-proces). Predloženi rad uključuje studiju i numeričke izračune značajki spontane i inducirane fisije uporabom dinamičkih modela koji se zasnivaju na teoriji nuklearnih funkcionala gustoće. Jie Zhao, Bing-Nan Lu, T. Nikšić, D. Vretenar, Phys. Rev. C 92, 064315 (2015), Jie Zhao, Bing-Nan Lu, T. Nikšić, D. Vretenar, S. G. Zhou, Phys. Rev. C 93, 044315 (2016).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Optička svojstva dihalkogenida prijelaznih metala

Sadržaj teme:

Odnedavno, jednoslojni poluvodički materijali iz porodice dihalkogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs) privlače pažnju i veliki interes istraživačke zajednice zbog svojih jedinstvenih fizikalnih svojstava. 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.). Takvi materijali u formi višeslojnih (eng. multilayer) struktura su poluvodički materijali s indirektnim energetskim procjepom, dok stanjivanjem, odnosno prelaskom u formu jednoslojnih (eng. monolayer) struktura, TMDs postaju poluvodički materijali s direktnim energijskim procjepom u blizini vidljivog i infracrvenog dijela spektra, zbog čega mogu prilično efikasno apsorbirati i emitirati svjetlost. Taj prijelaz iz posrednog (eng. indirect) u neposredni (eng. direct) poluvodički materijal uslijed renormalizacije energijskih vrpca u ovisnosti o broju slojeva materijala rezultat je slabog, ali nezanemarivog Van der Waalsovog vezanja između slojeva materijala, koje vodi do pomicanja energijskih nivoa u valentnoj i vodljivoj vrpca u pojedinim točkama visoke simetrije u Brillouinovoj zoni.

Ukoliko se iz više različitih jednoslojnih materijala (primjerice jednosloja MoS_2 i WS_2) počnu graditi vertikalne slojevite strukture nastaju tzv. Van der Waalsove heterostrukture. Van der Waalsove 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 optička svojstva navedenih materijala dobivenih tehnikom kemijske depozicije para (eng. chemical vapour deposition- CVD). Optičkim metodama, poput vibracijske Raman spektroskopije, apsorpcijske spektroskopije, fotoluminscencije te vremenski razlučive spektroskopije mogu se dobiti informacije o broju slojeva, kemijskom sastavu, njihovoj međusobnoj orijentaciji te utjecaju slaganja slojeva na optička kao i na funkcionalna svojstva materijala.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izradi eksperimentalnog postava za mjerenje Raman/PL/apsorpcijskih spektara, s mogućnošću mapiranja uzoraka i automatskog prikupljanja podataka kao i u mjerenjima i analizi eksperimentalnih podataka.

Smjerovi: fizika (istraživački)

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://lben.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/>, te u sklopu BICRO projekata QuartzNano i NanoporeArray. Nanopore se u Zagrebu proizvode metodom dielektričnog proboja membrana. Iskorak na kojem radimo (BICRO-NanoporeArray) 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 skidanju 2D materijala s podloge (lift-off), nanošenju polimera (spin-coating) i otvaranju (dielectric breakdown) i karakteriziranju nanopora po ozračivanju ionima. Karakterizacija se izvodi praćenjem ionske struje i translokacija DNK molekula kroz nastale pore. Otvorena je mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama. Više informacija na <http://soft.ifs.hr>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vinko Zlatić

Institucija: IRB

Naslov teme: O različitim termodinamičkim slikama ansambala kompleksnih mreža

Sadržaj teme:

Student će prvo napraviti pregled primjene statističke fizike u području kompleksnih mreža te osnovu teorije velikih devijacija kao matematičkog temelja klasične statističke fizike. Student će zatim koristeći kontekst teorije velikih devijacija, iznjeti dvije slike: 1) bridovi grafa kao čestice i 2) vrhovi grafa kao čestice. Te slike će primjeniti na neka termodinamička svojstva kompleksnih mreža i diskutirati uočene sličnosti i razlike.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vinko Zlatić

Institucija: IRB

Naslov teme: Kooperativne evolucijske igre na mrezi

Sadržaj teme:

Zadnjih nekoliko godina vlada velik interes za razumjevanjem evolucijskih kooperativnih igara. Velik broj eksperimenata je pokazao da ljudi vrednuju kooperativnost i postenje. S druge strane ostaje pitanje na koji način takvo ponasanje predstavlja evolucijski opravdanu strategiju, te da li je takvo ponasanje stabilno. U ovoj temi pozabavit ćemo se modifikacijom modela predstavljenog u PRX 3, 041021 – 27. 11. 2013. Bogat fazni dijagram nadjen u clanku upucuje na vaznost prostornosti u modelima evolucijskih igara. Kao ekstenziju predlazemo realisticniji model ljudskih interakcija baziran na modelu adaptivne socijalne mreze. Nada ove teze je da se može pokazati da kooperativne strategije postaju bitno uspješnije ukoliko je topologija interakcija realisticnija od obične resetke.

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

Mentor: dr. sc. Dijana Žilić

Institucija: IRB

Naslov teme: Magneto-strukturne korelacije novih Cr(III) polimernih oksalatnih kompleksa

Sadržaj teme:

Elektronska spinska rezonancija (ESR) značajna je spektroskopska tehnika u fizici čvrstog stanja, kojom se dobiva uvid u lokalna svojstva paramagnetskih centara i mikroskopska slika međudjelovanja. U okviru diplomskog rada, student će se upoznati s ESR spektrometrom na IRB-u, u Laboratoriju za magnetske rezonancije, koji radi u X-području (koristi mikrovalove frekvencije oko 10 GHz i magnetsko polje do 1 T). Da bi se dobio spinski Hamiltonian paramagnetskih iona sa spinom $S > 1/2$, neophodno je primijeniti ESR spektroskopiju koja koristi visoke frekvencije i jaka polja (HF-ESR).[1,2] Student će sudjelovati u analizi HF-ESR spektara Cr(III) polimernih oksalatnih stroncijevih spojeva dobivenih na IFW-Dresden. Koristeći softverski alat EasySpin napisan u Matlab-u, napraviti će se simulacija ESR spektara te će se dobiveni rezultati povezati sa kristalnom strukturom istraživanih kompleksa prijelaznih metala. Rezultati rada bit će objavljeni u znanstvenoj publikaciji.

[1] Žilić, D.; Androš, L.; Krupskaya, Y.; Kataev, V.; Büchner, B. Magnetic anisotropy of Cr(III) ions in polymeric oxalate complexes as revealed by HF-ESR spectroscopy Appl. Magn. Reson. 46 (2015) 309-321.

[2] Androš, L.; Jurić, M.; Popović, J.; Pajić, D.; Zadro, K.; Molčanov, K.; Žilić, D.; Planinić, P. 1D Heterometallic Oxalate Compounds as Precursors for Mixed Ca-Cr Oxides – Synthesis, Structures, and Magnetic Studies Eur. J. Inorg. Chem. 33 (2014) 5703-5713.

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

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Primjena statističkih metoda u analizi (jednodimenzionalnog) Brownovog gibanja

Sadržaj teme:

Cilj diplomskog rada je simulirati jednodimenzionalnog slučajnog šetača te primjeniti statističke metode u analizi njegove putanje, s posebnim naglaskom na značenje prvih statističkih momenata, važnost nepristranih procjenitelja i vezu sa središnjim graničnim teoremom. Programiranje se može provesti u programskom jeziku po izboru studenta, no preferabilno u C++ ili Pythonu. Ovisno o napretku studenta, problemu se može pristupiti i s aspekta jednadžbe difuzije, a i proširiti na više dimenzija.

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

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, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje stabilnosti rekonstrukcije angularne distribucije iz ograničenog skupa mjerenja

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 ovome slučaju angularne distribucije izlaznih produkata reakcije.

Smjerovi: fizika (istraživački)