

Prijedlozi tema za diplomske radove u 2019.

Mentor: dr. sc. Damir Aumiler

Institucija: IFS

Naslov teme: Lasersko hlađenje frekventnim češljem ispod Dopplerove granice

Sadržaj teme:

Lasersko hlađenje i zarobljavanje dovodi atomsku i molekulsku fiziku do jedne od najzanimljivijih granica kako u znanosti tako i u novim kvantnim tehnologijama. Ipak, tehnike laserskog hlađenja i dalje su ograničene te su vrste koje je trenutno moguće laserski hladiti prilično "egzotične". Zbog nedostatka dovoljno snažnih kontinuiranih lasera u duboko ultraljubičastom (uv) području trenutno nije moguće laserski hladiti i zarobljavati najzastupljenije atome kao što su vodik, ugljik, kisik i dušik. Spomenuti problemi mogu se nadvladati upotrebom femtosekundnih i pikosekundnih lasera sa spregnutim modovima jer je njihovu svjetlost naprednim nelinearnim tehnikama frekventnog umnogostručivanja moguće prebaciti u duboko uv područje. Istovremeno, ti laseri stvaraju optički frekventni češalj - niz izrazito precizno definiranih i pravilno spektralno raspoređenih laserskih modova, koji se mogu promatrati i kao tisuće fazno spregnutih kontinuiranih lasera, što omogućuje hlađenje više vrsta atoma istovremeno. Zbog navedenih svojstava frekventni češljevi su u posljednjih nekoliko godina postali vrlo zanimljivi u kontekstu njihove primjene u laserskom hlađenju. U sklopu diplomskog rada teorijski će se istražiti lasersko hlađenje atoma pomoću frekventnog češlja. Upotrebom optičkih Blochovih jednadžbi modelirat će se međudjelovanje atoma s više nivoa s dvije laserske zrake frekventnog češlja koje se prostiru u suprotnim smjerovima, tj. hlađenje frekventnim češljem u 1D geometriji laserskog hlađenja. Taj pristup omogućuje punu informaciju o vremenskoj dinamici naseljenosti hiperfinskih nivoa atoma te koherencija između nivoa, što omogućuje punu fizikalnu interpretaciju ponašanja sustava. Rezultati međudjelovanja atoma s laserom bit će temelj za određivanje sile na atome pomoću Ehrenfestovog teorema, a procjena temperature oblaka hladnih atoma vršit će se pomoću Fokker-Planckove jednadžbe. Istražit će se parametri frekventnog češlja optimalni za proces hlađenja, kao i pripadajuća temperatura atomskog oblaka, a poseban naglasak bit će na mogućnosti hlađenja atoma ispod Dopplerove granice.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Balog

Institucija: IFS

Naslov teme: Jake fluktuacije u kritičnim sustavima

Sadržaj teme:

Kolektivne pojave u kompleksnim sustavima privlače snažan interes u modernoj fizici. Radi se o pojavama u kojima mnoštvo dijelova nekog sustava sudjeluje u efektu koji se opaža na makroskopskoj skali. Srodne pojave nalazimo u svim granama fizike, od fizike kondenzirane materije, biofizike pa sve do fizike elementarnih čestica i polja.

U ovom radu fokusiramo se na čisti Isingov model, za koji želimo postaviti opis u terminima efektivnog Hamiltonijana. Takav opis omogućuje nam proučavanje operacije reskaliranja sustava te postavljanje pripadnih "jednadžbi toka" renormalizacijske grupe koje tu operaciju kvantificiraju. Specijalni fokus dati ćemo na proučavanje svojstava tih jednadžbi pri niskim dimenzionalnostima gdje su fluktuacije toliko snažne da ugrožavaju mogućnost uređivanja sustava pri niskim temperaturama. To je režim koji do sada nije mnogo razmatran, ali je svejedno jako konceptualno važan za neke kritične pojave u kojima su rijetke i atipične fluktuacije bitne, kao na primjer prijelaz histereze ili prijelaz zapinjanja domenskog zida.

Ideja ovog diplomskog rada jest učenje osnova metode neperturbativne renormalizacijske grupe na jednostavnom primjeru koji svejedno sadržava otvorena pitanja. Ova metoda je jedna od najmodernijih i najsveobuhvatnijih metoda za proučavanje kritičnog ponašanja bilo koje vrste, pa će znanje stečeno tijekom diplomskog biti od velikog interesa za studenta koji se želi nastaviti baviti trenutnim fundamentalnim teorijskim istraživanjima kompleksnih sustava.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Hladni atomi u višemodnom optičkom rezonatoru

Sadržaj teme:

Hladni atomi smješteni u optički rezonator i obasjani laserskim svjetlom ugođenim ispod frekvencije atomskog prijelaza samoorganiziraju se u pravilne prostorne strukture. Samoorganizacija je praćena i hlađenjem, odnosno smanjenjem temperature atoma. Ovi fenomeni se javljaju kao posljedica međudjelovanja atoma i laserskog svjetla koje je ugođeno ispod frekvencije optičkog prijelaza, a u rezonanciji je s modovima optičkog rezonatora. U tom slučaju, atomi osjećaju privlačan optički potencijal koji nastaje kao rezultat interferencije između laserskog svjetla i svjetla raspršenog u optički rezonator, pri čemu se atomi smještaju u područja maksimuma intenziteta. S obzirom da se nalaze unutar optičkog rezonatora u kojem je vrijeme života fotona puno duže nego u slobodnom prostoru, atomi dijele raspršene fotone te kažemo da osjećaju efektivnu dugodosežnu optičku silu. Razumijevanje dugodosežnih interakcija u sustavima hladnih atoma od izuzetne je važnosti za njihovu primjenu u kvantnim komunikacijama, simulacijama i kvantnom računanju. Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje sustava hladnih atoma rubidija smještenih u optički rezonator i obasjanih svjetlom optičkog frekventnog češlja. Optički frekventni češalj je laser čiji se spaktar sastoji od niza uskih spektralnih modova i idealan je za višemodno pobuđenje optičkog rezonatora. Diplomski rad obuhvaća izgradnju i karakterizaciju optičkog rezonatora, razvoj i primjenu Pound-Drever-Hall tehnike kojom će se frekventni češalj zaključati na optički rezonator, te mjerenje vremena života fotona u optičkom rezonatoru za različite uvjete pobuđenja frekventnim češljem.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slaven Barišić Osor

Institucija: IFS

Naslov teme: Mnogočestična lokalizacija – lokalni integrali gibanja

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.

Bez 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 [3]. Uz posebnu pažnju poklonjenu problemu rezonancija, što zadatak čini izrazito netrivialnim, može se istražiti svojstva perturbativnog razvoja za koji je međudjelovanje formalno mali parametar. Posebice, ovaj pristup može se iskoristiti za izračun tzv. lokalnih integrala gibanja, što onda omogućuje izravno proučavanje lokalnosti dinamike mnogočestičnog sustava.

[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).

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slaven Barišić Osor

Institucija: IFS

Naslov teme: Polaroni učinci u sustavima s malim dopiranjem

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 polaroni 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. Nedavna ARPES mjerenja poluvodiča kakvi su SrTiO₃ ili anataze TiO₂ [1], odnosno prijelaznog sloja LaAlO₃/SrTiO₃ [2], otkrila su značajne polaronске 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. 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 rudimentarno poznavanje Besselove diferencijalne jednadžbe i pripadnih Besselovih funkcija.

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

Mentor: dr. sc. Mario Basletić

Institucija: PMF

Naslov teme: Računalo u eksperimentu

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović

Institucija: PMF

Naslov teme: Istraživanje materijala primjenom strojnog učenja

Sadržaj teme:

Strojno učenje se sve više koristi u znanosti. U ovoj temi predviđena je primjena metoda strojnog učenja za odabir materijala koji su pogodni za solarne ćelije. Polazi se od postojeće baze koja sadrži informacije o osobinama međusobno sličnih materijala. Metodama nadziranog strojnog učenja bira se materijal s najboljim osobinama za primjenu. Koristi se programski jezik Python te njegove biblioteke za numerički rad i strojno učenje.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Damir Bosnar

Institucija: PMF

Naslov teme: Sustav za mjerenje vremena života pozitrona s tankim scintilatorom za detekciju pozitrona

Sadržaj teme:

Spektroskopija vremena života pozitrona (PALS - positron annihilation lifetime spectroscopy) je etablirana i vrlo korisna subatomska metoda u istraživanjima materijala na nano-skali. Princip počiva na ubacivanju pozitrona iz radioaktivnog izvora u ispitivani uzorak i mjerenju njihovih života prije anihilacije s elektronima. Mjerena vremena života pozitrona mogu dati informacije o strukturi određenih materijala. U uobičajenim spektroskopskim sustavima koristi se ^{22}Na kao izvor pozitrona, a promptna gama zraka iz ^{22}Ne , koji je produkt β^+ raspada ^{22}Na , upotrebljava se kao početni signal u mjerenju vremena života emitiranog pozitrona, dok je stop signal dan gama zrakom iz anihilacije pozitrona s elektronom. Razlika početnog i stop signala daje vrijeme života pozitrona koje se može odrediti u sub-nano sekundnom području. U cilju poboljšanja efikasnosti spektroskopskog sustava, u diplomskom će se izgraditi detektorski sustav koji će za početni signal mjerenja vremena života pozitrona uzimati signal koji emitirani pozitroni iz radioaktivnog uzorka proizvedu u tankom scintilatoru. Diplomski rad je eksperimentalne prirode i uključuje rad u laboratoriju, a radom na ovom diplomskom može se dobiti uvid u suvremene detektore, elektroniku i obradu podataka u subatomske fizici, kao i primjene subatomske fizike u istraživanjima materijala.

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

Mentor: dr. sc. Damir Bosnar

Institucija: PMF

Naslov teme: Kalibracija edukacijskog ToF PET sustava s brzim digitalizatorima pulsa

Sadržaj teme:

Pozitronska emisijska tomografija (PET) je neinvazivna metoda medicinskog funkcionalnog oslikavanja sa širokim kliničkim primjenama. Na Fizičkom odsjeku izgrađen je edukacijski PET sustav od 48 BaF2 detektora (<http://www.phy.pmf.unizg.hr/~bosnar/lab/pet.html>). Jedna od karakteristika sustava je mogućnost određivanja razlike vremena proleta (time-of-flight ToF) emitiranih gama zraka kod pozitronske anihilacije, što se koristi kod najnovijih kliničkih PET sustava za smanjivanje šuma i poboljšanja kvalitete slike. Za sakupljanje podataka umjesto klasične elektronike (diskriminatori, ADC i TDC) koristit će se novo razvijeni više kanalni brzi digitalizatori pulsa koji spremaju kompletne signale iz detektora i iz kojih se naknadnom analizom određuju potrebne fizikalne veličine, kao što su napr. energija detektirane čestice i vrijeme pojave signala. U diplomskom će se napraviti energijska kalibracija BaF2 detektora edukacijskog PET sustava te odrediti vremenska rezolucija. U tu svrhu trebat će napraviti kalibracijska mjerenja i razviti ili modificirati postojeće algoritme za određivanje energije i određivanja vremena pojave signala uporabom Root programskog paketa (root.cern.ch). Diplomski rad je eksperimentalne prirode i uključuje rad u laboratoriju, a radom na onom diplomskom može se steći uvid u primjene metoda subatomske fizike u medicini i funkcionalnom oslikavanju, kao i upoznati napredne detektore, elektroniku i načine procesiranja signala u subatomske fizici.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Željka Bošnjak

Institucija: FER

Naslov teme: Teorijsko modeliranje emisije ekstragalaktičkih bljeskova gama-zračenja

Sadržaj teme:

Visokoenergetsko gama zračenje produkt je fenomena najviših energija u Svemiru. Tipično je povezano sa netermičkim procesima i uključuje interakciju relativističkih čestica sa materijom, fotonima i magnetskim poljima. Uvjeti pod kojim se odvijaju ovi fenomeni su ekstremni, i uključuju velika gravitacijska, magnetska i električna polja, te relativističko gibanje. Ekstragalaktički bljeskovi gama zračenja (eng. gamma-ray burst, GRB) su jedan od najznačajnijih fenomena u ovom području. GRB su kratki (traju nekoliko ms do nekoliko stotina sekundi), visoko energetski mlazovi fotona gama-zračenja (obično između 10 keV i nekoliko MeV) koji prate kataklizmičke eksplozije u Svemiru, i najvjerojatnije su povezani sa nastajanjem crnih rupa zvjezdanih veličina ili brzo rotirajućih visoko magnetiziranih neutronske zvijezda. Za kratko vrijeme emisije, ukupan energetski izbačaj doseže 10^{51} - 10^{53} erga, što ih čini najsajnijim objektima u suvremenim opažanjima. Momentalno se GRBovi prate sa Swift, Fermi i INTEGRAL satelitima, te Magic teleskopima. Osim što su zanimljivi objekti, bljeskovi gama zračenja su također i odličan laboratorij za proučavanje procesa koji su zajednički objektima koji imaju relativistički mlaz. Predloženi rad bi uključivao modeliranje spektara ekstragalaktičkih bljeskova gama zračenja opaženih satelitom Fermi. Iz parametara koji opisuju sinhrotronsko zračenje, izveli bi se zaključci o dinamičkoj evoluciji relativističkog mlaza u kojem zračenje nastaje, te o mehanizmu disipacije energije unutar mlaza.

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

Mentor: dr. sc. Vuko Brigljević

Institucija: IRB

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

Sadržaj teme:

Predmet ovog rada je proučavanje raspada ultrarelativističkog Z bozona u 2 b kvarka. Z bozon je jedan od nosioca slabe sile i otkriven je pred više od 30 godina. Na Velikom hadronskom sudarivaču je Z bozon odigrao važnu ulogu u velikom broju mjerenja, tako i u otkriću higgsovog bozona. Z bozon je opažen putem njegovih raspada u leptone ili kvarkove. Od interesa u ovom diplomskom radu su raspadi Z bozona u 2 b kvarka. Kvarkovi su nakon hadronizacije vidljivi u detektoru kao hadronski mlazovi. U ultrarelativističkom slučaju u kojem Z bozon nosi jako visoku količinu gibanja, dva hadronska mlaza iz dva b kvarka preklapaju se i kolimirani su u jedan široki hadronski mlaz. Dobro razumijevanje ovakvih raspada će biti od velike koristi u mjerenju raspada higgsovog bozona u b kvarkove, i proučavanje sličnog raspada Z bozona može pomoći u razvoju optimiziranih algoritama za mjerenje tog raspada higgsovog bozona. Cilj ovog rada je razviti učinkovit algoritam za raspoznavanje takvih raspada koristeći leptonske raspada b kvarka u elektrone i mione i tako dobiti dovoljno velik uzorak ultrarelativističkih raspada Z bozona. Tijekom izrade diplomskog rada student će se upoznati s modernim metodama analize podataka prikupljenih na Velikom hadronskom sudarivaču te će se također uključiti u rad kolaboracije CMS, velike međunarodne znanstvene kolaboracije na samoj fronti istraživanja u fizici elementarnih čestica. Poželjno je osnovno poznavanje programskih jezika C/C++ i/ili Python te dobro vladanje engleskim jezikom.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Priprava solarnih ćelija baziranih na Ge-baziranim nanostrukturama u staklu

Sadržaj teme:

Materijali bazirani na poluvodičkim kvantnim točkama i nanožicama 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 ili nanožicama, 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.

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

Mentor: dr. sc. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Mreže nanopora u Al₂O₃: primjena u izradi nanometarski tankih membrana

Sadržaj teme:

Tankoslojni porozni materijali iznimno su zanimljivi za primjenu u raznim tipovima filtera i senzora. U našem laboratoriju trenutno se istražuje tankoslojni materijal u kojemu je opažena pojava pravilno uređenih mreža nano-pora. Tema diplomskog rada je istraživanje ovisnosti strukturnih svojstava jednog takvog materijala o uvjetima pripreme te mogućnost njegove primjene u nano-filtraciji. U okviru teme planira se istražiti jedna serija (3-5 uzoraka) materijala koja se razlikuju po promjeru i prostornom uređenju nano-pora. Priprava materijala vrši se metodom magnetronskog rasprašenja te naknadnim grijanjem. Strukturna svojstva materijala istražila bi se metodom GISAXS (grazing incidence small angle x-ray scattering), te analizom njihovog atomskog sastava. Za ispitivanje primjenjivosti materijala planiraju se izraditi tanke membrane od njih i testirati njihova osnovna filtracijska svojstva.

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

Mentor: dr. sc. Maja Buljan

Institucija: IRB

Naslov teme: Priprava i karakterizacija samo-uređenih kvantnih točaka sa jezgra/ljuska strukturom

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 rasprašenja, opis njegove strukture metodom GISAXS (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 amorfnoj matrici, gdje bi se varirali uvjeti depozicije (temperatura, debljina slojeva ili volumni udio poluvodičkih materijala). Istraživala bi se ovisnosti oblika, veličine i prostornog rasporeda kvantnih točaka o uvjetima pripreme, 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. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Kvantno računanje sa defektima

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis

Institucija: IRB

Naslov teme: Dual formulations for gauge theories and gravity

Sadržaj teme:

The Maxwell equations for electromagnetism possess the striking property that in the absence of sources or in presence of magnetic monopoles they are invariant under the exchange of the electric and the magnetic field. This duality can be formulated in more precise terms by showing that the Maxwell action in terms of the electromagnetic potential has an alternative formulation in terms of a dual potential. This has the effect of interchanging the equations of motion and the Bianchi identities in the two formulations. Such dual formulations are not restricted to electromagnetism, but appear also in other theories such as in linearized Einstein gravity where a dual graviton can be defined, yielding an equivalent formulation of the theory in terms of a mixed-symmetry tensor field. Moreover, in recent years exotic dualizations have been found, where a single degree of freedom may have more than one alternative dual formulations. Within this project, the student will learn the method to unravel dual formulations for diverse physical theories in arbitrary dimensions, and study physical states that couple to dual potentials, such as the Kaluza-Klein monopole for higher-dimensional dual gravity, the NS5 brane in string theory and exotic branes.

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

Mentor: dr. sc. Athanasios Chatzistavrakidis

Institucija: IRB

Naslov teme: Batalin-Vilkovisky Quantization of Gauge Theories

Sadržaj teme:

Fundamental interactions are governed by gauge theories. The quantization of gauge theories is, however, not an easy task. Although the Abelian case of electromagnetism is well understood, non-Abelian gauge theories typically require the introduction of ghost fields. The ghost structure of general gauge theories can be determined using the powerful method of the BV or field-antifield formalism. Within this project, the student will learn the basics of this formalism, in particular the general structure of reducible and irreducible gauge theories and gauge transformations, and the construction of the antibracket in the space of fields and antifields that gives rise to the celebrated classical master equation. The formalism will be applied to a number of examples, such as the spinless and the spinning relativistic particle, Yang-Mills theory, Abelian p-form gauge theory and topological sigma-models. Optionally, the geometry of the BV quantization will be investigated.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Dominko

Institucija: IFS

Naslov teme: Utjecaj magnetskog polja na skriveno stanje vala gustoće naboja

Sadržaj teme:

1T-TaS₂ je kvazi-2D sustav s jakim elektronskim korelacijama i složenim faznim dijagramom. Već na sobnoj temperaturi nalazi se u fazi nesumjerljivog vala gustoće naboja, a ispod otprilike 170K prelazi u nesumjerljiv val gustoće naboja. Zanimljivo je da se sustav u potonjoj fazi može kratkim svjetlosnim ili naponskim pulsevima prebaciti u tzv. metastabilno, „skriveno” stanje. 1T-TaS₂ u skrivenom stanju iznenađujuće ponaša se kao metal uslijed pojave ekscitona.

U ovom diplomskom radu planiramo pulsna mjerenja otpora uzoraka 1T-TaS₂ na niskim temperaturama i u magnetskom polju. Određivat ćemo ovisnost otpora uzorka nakon primijenjenog jakog naponskog pulsa o duljini pulsa, a sve u fazi nesumjerljivog vala gustoće naboja. Student će raditi s postavom za mjerenje pulsne nelinearne vodljivosti, supravodljivim magnetom te kriogenom i vakuumskom opremom.

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

Mentor: dr. sc. Vedran Đerek

Institucija: IRB

Naslov teme: 3D organic semiconductor devices for optoelectronic neurostimulation

Sadržaj teme:

Electrical stimulation of neurons in a localized, wireless and non-destructive manner is an important milestone towards developing better therapies for the treatment of brain trauma, for autonomous nerve stimulation and neural prostheses such as artificial retinas or artificial limbs, as well as in a potential use in human brain-machine interfaces. A simple and effective device which would survive the harsh conditions inside the living organism and would not harm it during its operation will be needed for such a task. The goal of the thesis will be translating the existing planar architecture of organic semiconductor thin-film based optoelectronic devices [1] on 3D hierarchically structured substrates prepared by microfabrication and 3D printing. The geometry of the electrodes will be optimized by physical modeling of the transient photo-currents using the Comsol Multiphysics framework. During the proposed 3-month period the student will work in an international environment, in a clean-room facility of the Laboratory of organic electronics at LiU in Norrköping. The work will involve silicon substrate processing by chemical and plasma-based methods, organic thin film depositions and photo-lithography based microfabrication, in all of which the student will be trained. Experience with conventional 3D printing and/or Comsol Multiphysics is desirable. The scope of the research is multidisciplinary but focused on the physical aspects of the problem. An experimentally-minded and exceptionally motivated student with good English skills is desired. We can not offer any financing. However, the student is encouraged to seek funding within the Erasmus+ programme [2].

Contact person: Vedran Đerek, vedran.derek@liu.se

[1] <https://doi.org/10.1002/adma.201707292> [2] <http://www.unizg.hr/suradnja/medunarodna-razmjena/razmjena-studenata/strucna-praksa/>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Igor Gašparić

Institucija: IRB

Naslov teme: Detektor brzih neutrona za eksperimente s nestabilnim jezgrama

Sadržaj teme:

Atomske jezgre s velikom asimetrijom broja protona i neutrona predmet su intenzivnog istraživanja posljednjih desetljeća. Osim boljeg uvida u nuklearnu silu, strukturu jezgara i nuklearnu tvar ova su istraživanja neophodna za razumijevanje i opisivanje procesa u zvijezdama. Iako su takve jezgre vrlo nestabilne, mogu se proučavati na posebnim akceleratorским postrojenjima koja proizvode radioaktivne snopove. Primjer jednog takvog postrojenja u izgradnji je Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR, <http://fair-center.eu>) na kojem će se u okviru programa NuSTAR (Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions, <https://fair-center.eu/for-users/experiments/nustar.html>) moći proizvoditi snopovi velikih intenziteta do sada nedostupnih radioaktivnih jezgara. Pretpostavlja se da će se s ovim novim postrojenjem otkriti velik broj različitih jezgara, osobito onih bogatih neutronima. U takvim su jezgrama neutroni slabo vezani i mala pobuđenja su dovoljna da se jezgra raspadne zračenjem jednog ili više neutrona. Detekcija neutrona predstavlja poseban izazov jer neutroni nisu nabijeni te mogu biti opaženi samo preko jake nuklearne interakcije s materijalom detektora. Predložena tema diplomskog rada vezana je uz analizu podataka s neutronskeg detektora NeuLAND (New Large-Area Neutron Detector, <http://www.gsi.de/neuland>) prikupljenih krajem prošle i početkom ove godine sa stabilnim snopovima argona, srebra i ugljika na GSI/FAIR-u u Darmstadtu u Njemačkoj (<http://www.gsi.de>). Proučavat će se odziv detektora na upad jednog neutrona i uspoređivati sa simulacijama. Uz to će se i raditi na algoritmima za prepoznavanje reakcija s većim brojem neutrona. 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. Salvatore Marco Giampaolo

Institucija: IRB

Naslov teme: Dugodosežna kvantna prepletenost i efekti šuma

Sadržaj teme:

S razvojem kvantnih tehnologija sve važnija postaje identifikacija fizičkih sustava u kojima se postižu jako prepletena kvantna stanja. Između svih, oni karakterizirani relativno udaljenim elementima od osobite su tehnološke važnosti. U ovom radu student će u dinamičkom i statičkom pristupu analizirati pojavu takozvane dugodosežne kvantne prepletenosti koja je pridružena osnovnom stanju odgovarajuće dizajniranih spinskih sustava. Posebna pozornost bit će posvećena proučavanju efekata koji su povezani s prisutnošću statističkog šuma, kako s obzirom na iznos kvantne prepletenosti tako i u pogledu zaštite od termalnih efekata.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo

Institucija: IRB

Naslov teme: Statističko ponašanje kvantnog slaganja u dinamičkim fazama

Sadržaj teme:

Kvantna prepletenost obično se kvantificira von Neumannovom entropijom, ali njena svojstva značajno su kompleksnija od onoga što se može izraziti brojem. Pokazao sam da su tri različite dinamičke faze, poznate kao termalizacija, Andersonova lokalizacija i višečestična lokalizacija, označene različitim uzorcima spektra reducirane matrice gustoće za stanje koje evoluira nakon kvantnog quench. Dok u slučaju Andersonove lokalizacije spektar kvantne prepletenosti pokazuje Poissonovu statistiku, u slučajevima višečestične lokalizacije i termalizacije pokazuje univerzalnu Wigner-Dysonovu statistiku, iako se u ta dva slučaja univerzalna razdioba asimptotski dostiže u vrlo različitim vremenskim skalama. U ovom radu student će analizirati hipotezu da ovaj tip trenda ima također korespondenciju u ostalim mjerama kvantne prepletenosti, kao što je kvantno slaganje koje kvantificira prepletenost između dva pojedina elementa sustava.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mihael Grbić

Institucija: PMF

Naslov teme: Izračun 3D raspodjele polja u anizotropnom uzorku

Sadržaj teme:

U modernoj fizici kondenzirane materije često se susrećemo s materijalima čija svojstva nisu izotropna, već su dapače izrazito anizotropna - bilo da je to radi intrinzičnih fizikalnih svojstava (poput nekonvencionlane supravodljivosti) ili pak zbog heterostruktura koje pokazuju zanimljive fenomene (2D dopiranje $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$). Kod proučavanja takvih sustava velika prednost bezkontaktnih metoda je što su neinvazivne i što se izbjegava nehomogenost struja ubačenih u uzorak. Za takva istraživanja je radi pravilne analize mjerenih signala potrebno izračunati raspodjelu električnog, tj. magnetskog polja u uzorku kojeg karakterizira anizotropija. U sklopu ovog rada nadogradit će se postojeći račun za 2D raspodjelu elektromagnetskog polja u uzorku anizotropne vodljivosti na 3D raspodjele. Izračunane raspodjele će se usporediti s izmjerenim podacima na supravodičima i postojećim 2D modelom te zaključiti koliki je utjecaj konačnog volumena uzorka i njegove geometrije. Rad će se izraditi u komentorstvu s izv. prof. dr. sc. M. Basletićem.

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

Mentor: dr. sc. Luca Grisanti

Institucija: IRB

Naslov teme: Excited states in molecular crystal: the role of the structure

Sadržaj teme:

Electronic and optical properties of molecular crystal has been investigated since several decades, in view of its fundamental understanding and because the potential applications in organic electronics (OLED, organic solar cells, etc). Thanks to its softness, chemical tunability and structural flexibility, organic molecular-based devices bring some advantages respect to its inorganic (e.g. silicon-based) counterparts. Crystal of organic pi-conjugated molecules presents interesting properties due to interplay of electronic delocalization, vibrational properties and lattice dynamics, static and dynamical disorder. Several efforts have been done in the computational and theoretical field, usually by employing model hamiltonians, but an atomistic perspective of the full crystal is often lacking when it comes to calculation of optical properties or electronic parameters for transport. This is partially due to high computational costs of standard DFT approaches on condensed phases and/or problem of accuracy. Typical examples investigated materials are the family of oligoacenes molecular crystal (fused-ring aromatic systems from benzene to pentacene), where several experimental and theoretical results are available or also donor-acceptor molecular systems, featuring polar groups and charge transfer excitations, where recent experimental results are available. The aim of this project is primarily to acquire confidence in electronic structure theory for materials and some of its extension, such as time-dependent version for excited states. After quickly revising concepts of molecular excitons and its standard modeling (Frenkel exciton hamiltonian and its derivation), the student will first test few existing numerical tools to understand how excited states could be described in atomistic frames (DFT and derived approaches). Secondly, the coupling between structural properties and excitonic states can be investigated, both at static and dynamical levels. As alternative direction of investigation, electronic-structure derived quantities could be used to map some of the electronic parameters used in model hamiltonian. The typical calculation will be based on time-dependent DFT, as implemented in some computational package (i.e. Quantum Espresso). Some interest in the usage of Unix platforms is advised. The project will be developed within the group of Condensed Matter and Statistical Physics of the Theoretical Physics Division at IRB, where also calculations will be run on an available small cluster.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Luca Grisanti

Institucija: IRB

Naslov teme: Computational study on structure and properties of biological matter in water

Sadržaj teme:

The understanding of the interactions between biological matter and water is an active area of investigation from both experiments and theory. At computational level, the investigation of phenomena such as the aggregation of molecular building blocks in condensed phase, as for example amino acids in water solutions, is an interesting problem to approach. It allows to access to several structural, dynamical and functional properties, both from the side of the biological matter and of the solvent (water). In the solvation process the motion of biomolecules and water are coupled, increasing the overall complexity. Understanding such mechanisms is also relevant for the regulation of biological function of proteins. For this project, the main computational technique that the student will use and possibly master is classical molecular dynamics in its atomistic frame. This will be exploited by using existing code package (e.g. Gromacs), to be possibly interfaced with small pieces of codes written on purpose for post-processing results and analysis. Some interest in the usage of Unix platforms is advised. The project will be developed within the group of Condensed Matter and Statistical Physics of the Theoretical Physics Division at IRB, where also calculations will be run on available computer stations and/or a small cluster. By selecting a set of simple systems, such as amino acids (e.g. alanine, glycine), thanks to simulations we aim to have a control on key ingredients driving from solvation to aggregation and formation of supramolecular structures, the different microscopic elements acting during the process, the resulting properties as a function of the concentration. Depending on the interest of the student there are different possible direction of investigation, not mutually exclusive, some of them includes collaboration with experimentalists. By using the "computational lens" this project will allow the student to get familiar with concepts that cross several interdisciplinary boundaries between condensed matter physics and biophysics, physical chemistry and molecular biology.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Produkcija gluona u sudarima teških jezgara

Sadržaj teme:

Na sudarivačima RHIC i LHC kod sudara teških iona postižu se dovoljno visoke energije na kojima je moguće istraživati bogatu fenomenologiju kvantne kromodinamike. U diplomskom radu razmotrit će se produkcija gluona korištenjem klasične Yang-Mills teorije polja te usporediti s drugim pristupima (perturbativni rezultati slabo vezane teorije, simulacija QCDa na rešetci). Razmotrit će se i gluonska struktura protona na visokim energijama kroz efektivnu teoriju (tzv. Color Glass Condensate) te u limesu velikog broja boja izložiti će se rješavanje Balitsky-Kovchegov jednadžbe.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Amon Ilakovac

Institucija: PMF

Naslov teme: Jednadžbe renormalizacijske grupe i amplitude na nivou dvije petlje.

Sadržaj teme:

U planu je naći renormalizacijske grupne jednadžbe za par jednostavnijih modela na nivou dvije petlje, i u ako će biti vremena, tim modelima naći nekoliko jednostavnijih amplituda na nivou dvije petlje.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tomislav Ivek

Institucija: IFS

Naslov teme: Mjerenje statičke električne polarizacije feroelektrika

Sadržaj teme:

Među modernim materijalima od značaja ističu se feroelektrici, multiferoici i srodni sustavi. Njih odlikuje pojava spontane električne polarizacije koja ih čini pogodnima za različite senzore, računalnu memoriju ali i fundamentalna ispitivanja mikroskopskih elektronskih međudjelovanja u kristalnoj rešetki. U potrazi za novim feroelektricima nužna je kvalitetna eksperimentalna tehnika kojom se brzo i pouzdano određuje statička električna polarizacija materijala.

U ovom diplomskom radu student će sudjelovati u uspostavi postava za mjerenje statičke električne polarizacije Tower-Sawyer metodom. Student će primijeniti znanja iz mikroelektronike na dizajnu i izradi spomenutog elektroničkog uređaja. Također, sudjelovat će u probnim mjerenjima na odabranom feroelektriku s mogućnošću mjerenja u kriogenim uvjetima.

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

Mentor: dr. sc. Milko Jakšić

Institucija: IRB

Naslov teme: Prepoznavanje vrste nabijenih čestica (iona) detektiranih u poluvodičkom detektoru temeljem digitalizacije pulseva

Sadržaj teme:

Prepoznavanje vrste ionizirajućeg zračenja temeljem oblika pulsa poznata je metoda kojom se odvajaju događaji koje u poluvodičkim detektorima induciraju primjerice neutroni i gama zrake. Razvojem metode digitalizacije signala iz predpojačala, a osobito kod posebno dizajniranih geometrija detektora, moguće je raspoznati i vrste iona koje su inducirale signal u poluvodičkom detektoru. U sklopu izrade diplomskog rada, razviti će se metoda digitalizacije signala koji induciraju ioni energija reda veličine nekoliko MeV-a u običnim silicijskim čestičnim detektorima, a sa ciljem čim preciznije parametrizacije oblika impulsa na izlazu pretpojačala. Temeljeno na različitim zaustavnim moćima i dovezima koji različiti ioni (npr protoni, alfa čestice, Li ioni itd.) imaju u siliciju, odabrat će se pogodne detektorske konfiguracije, za koje će se eksperimentalno izmjeriti oblici pulseva inducirani različitim lakim ionima. Mogućnosti prepoznavanja oblika pulsa u ovisnosti o vrsti iona biti će diskutirana s obzirom na moguće primjene u analizi materijala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Katarina Jeličić

Institucija: PMF

Naslov teme: Kulonmetar i primjena u nastavi fizike

Sadržaj teme:

Kulonmetar je instrument za mjerenje elektrostatičkog naboja nekog tijela. U nastavi fizike se rijetko koristi, pretežno u svrhu utvrđivanja predznaka naboja nekog nabijenog tijela. U sklopu ovog rada, diplomand bi osmislio i pripremio nekoliko pokusa koji uključuju uporabu kulonmetra u nastavi fizike. Također, osmislio bi u koje nastavne cjeline iz elektrostatike smjestiti nove pokuse te kako ih najbolje implementirati u te cjeline. Takvi pokusi, bilo frontalni ili učenički, imaju mogućnost unaprijediti učeničko razumijevanje, ali i samu nastavu fizike. Kroz ovaj diplomski rad diplomand bi se upoznao s radom kulonmetra, školskim pokusima u području elektrostatike te čestim učeničkim konceptualnim poteškoćama s razumijevanjem elektrostatike. Diplomand bi se tako dodatno pripremio za budući rad u nastavi.

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

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Depolarizacijski kanali u radiopolarimetrijskim promatranjima

Sadržaj teme:

Nedavna promatranja na niskim radiofrekvencijama rezultirala su pronalaskom iznimno dugih i ravnih kanala koji u potpunosti depolariziraju radiozračenje naše galaksije. U ovom radu će se istražiti porijeklo depolarizacijskih kanala unutar područja centriranog na jakom radioizvoru 3C 196. U analizi će se koristiti promatranja pomoću radioteleskopa LOFAR te Rolling Hough Transform za karakterizaciju samih kanala. Orientacija kanala će se usporediti s orijentacijom magnetskog polja i neutralnih (HI) filamenata detektiranih u istom području, dok će se njihov položaj usporediti s ioniziranim tragovima bliskih zvijezda. Time će se dobiti odgovor jesu li kanali povezani s 3D raspodjelom međuzvjezdane materije ili se ipak radi o ioniziranim tragovima zvijezda.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Molekularni oblaci - Faradayeva tomografija "Polarnog plamička"

Sadržaj teme:

Molekularni oblaci su strukture međuzvezdane materije koje se sastoje od prašine i plina te molekula, u najvećem dijelu molekula vodika. Obzirom na relativno veliku gustoću i nisku temperaturu materije unutar oblaka to su ujedno i područja nastanka zvijezda. U našoj galaksiji molekularni oblaci su većinom vezani za spiralne krakove galaksije te se nalaze unutar 75 pc od galaktičke ravnine. Ipak, postoje i molekularni oblaci na većim galaktičkim širinama koji imaju manju gustoću te su razlivenijeg, često filamentarnog, oblika. Ovaj rad će se fokusirati na istraživanje jednog takvog filamentarnog oblaka, tzv. Polarnog plamička (eng. Polaris flare), koji se nalazi u neposrednoj blizi sjevernog nebeskog pola. U radu će se koristiti promatranja radioteleskopom LOFAR kako bi se napravila tomografija ionizirane materije unutar oblaka koja će se onda usporediti s neutralnom komponentom oblaka. Također će se istražiti i uloga magnetskog polja na procese unutar oblaka.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Larisa Jonke

Institucija: IRB

Naslov teme: Lie_beskonačno algebre u teoriji polja

Sadržaj teme:

Baždarne simetrije u teoriji polja uobičajeno opisujemo pomoću Lievih grupa i algebri. Međutim u teoriji struna prirodno se javljaju više baždarne teorije i njima pripadne "više" Lieve algebre. Te nove algebarske strukture su u matematici poznate kao Lie_beskonačno algebre. U fizici su te strukture važne zbog veze s BV-BRST metodama kvantizacije te zbog mogućnosti primjene u klasifikaciji interagirajućih teorija. U ovom radu želimo pokazati da se više Lieve algebre pojavljuju i u standardnim baždarnim teorijama poput Yang-Millsove teorije. Zatim ćemo primijeniti metodu za opis baždarnih simetrija za polja višeg reda, na primjer 2-forme i pripadne jakosti polja 3-forme. (O. Hohm, B. Zwiebach, <https://arxiv.org/abs/1701.08824>; M. Grutzmann, T. Strobl, <https://arxiv.org/abs/1407.6759>)

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Danijel Jurman

Institucija: IRB

Naslov teme: Prema teoriji polja na kvantiziranim prostorima

Sadržaj teme:

Pitanje o strukturi prostor-vremena na malim udaljenostima nezaobilazno je u nastojanju formuliranja konzistentne teorije u kojoj su geometrija i materija opisane dinamičkim varijablama podložnim kvantizaciji. Određene analize teorije struna pokazuju da se struktura prostor-vremena može opisati nekomutativnim (kvantiziranim) prostorima. S druge strane, sloboda u izboru pogodnih nekomutativnih prostora reducirana je principom korespondencije, odnosno zahtjevom da postoji dobro definirano preslikavanje fizikalnih veličina definiranih na apstraktnom nekomutativnom prostoru na fizikalne veličine pridružene glatkim mnogostrukostima. Predložena tema diplomskog rada podrazumijeva istraživanje uloge i realizacije principa korespondencije u konstrukciji nekomutativnih prostora.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marko Karlušić

Institucija: IRB

Naslov teme: Zaustavljanje teških iona u grafenu

Sadržaj teme:

Prolaskom teškog iona keVske energije kroz materijal, dolazi do njegovog usporavanja uslijed sudara s atomima. Usporavanje iona, poznato i kao kočenje iona, je dobro poznati proces te postoje programi poput SRIM, CasP ili PASS koji ga uspješno računaju. Međutim, kočioni proces u grafenu i sličnim 2D materijalima još nije dovoljno poznat te ovi programi nisu primjenjivi za tu klasu problema.

Cilj ovog diplomskog rada je proučiti dinamiku teških iona keVskih energija prilikom prolaska kroz grafen putem molecular dynamics simulacija kojima će se ispitivati navedeni problem. Simulacije će se provoditi koristeći program LAMMPS [1]. Osim proučavanja dinamike iona, ovaj pristup omogućit će i uvid u defekte proizvedene u grafenu tijekom interakcije teškog iona sa ovim 2D materijalom.

[1] <https://lammmps.sandia.gov/>

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

Mentor: dr. sc. Dubravko Klabučar

Institucija: PMF

Naslov teme: O pojmu mase u fizici

Sadržaj teme:

Diplomski bi rad bio posvećen pojmu mase u fizici. Osobito bi se bavio pregledom i preciznim raščišćavanjem konceptualne zbrke koja u vezi s interpretacijom relativističkih formula s masom postoji ne samo u popularnim prikazima, nego i u nekim inače vrhunskim pedagoškim tekstovima u dijelovima posvećenima specijalnoj teoriji relativnosti. Glavni primjer je odnos vjerojatno "najpopularnije formule za vezu mase i energije" $E = m c^2$ (po kojoj bi relativistička masa preko energije ovisila o brzini) sa skalarnom masom $m^2 = E^2/c^4 - p^2/c^2$, koja je invarijantna na Lorentzove transformacije jer je skalarni produkt dva četvero-vektora u prostoru Minkowskog.

Primjeri nekih relevantnih referenci (uključujući i neke primjere s nešto spomenute pojmovne konfuzije):

G. Oas: "On the Abuse and Use of Relativistic Mass", <http://arxiv.org/abs/physics/0504110>

G. Oas: "On the Use of Relativistic Mass in Various Published Work", <http://arxiv.org/abs/physics/0504111>

L.B. Okun: "Energy and Mass in Relativity Theory", World Scientific (2009).

R.P. Feynman, R.B. Leighton and M. Sands: "The Feynman Lectures on Physics", Addison Wesley (1963).

L.D. Landau and Yu.B. Rumer: "What is relativity?", Dover (2003) [ruski original 1959.]

A. Einstein: "Ist die Tragheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?", Ann. Phys. 18 (1905) 639-641.

L.B. Okun: "The concept of mass", Physics Today, June 1989, p. 31-36.

E.F. Taylor and J.A. Wheeler: "Spacetime Physics", New York (1992), pp 246-252, Dialog: Use and Abuse of the concept of mass.

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

Mentor: dr. sc. Ivan Kokanović

Institucija: PMF

Naslov teme: Karakterizacija topoloških polimetala

Sadržaj teme:

Kvantno stanje topološkog izolatora karakterizirano je topološkom invarijantom koja ovisi samo o topologiji elektronske strukture. Promjena topološke invarijante nužno znači zatvaranje energijskog procjepa pa će se na granici izolatora pojaviti stanja unutar energijskog procjepa koja presjecaju Fermijevu energiju. Do prijelaza između običnog i topološkog izolatora dolazi inverzijom vrpce zbog spin-orbit vezanja pa se u samoj točki prijelaza (spajanje dviju vrpce u jednoj točki) može dobiti Diracov polumetal. Mjerenjem magnetskih i transportnih svojstava određenog materijala može se dobiti mnogo informacija o elektronskoj strukturi, odnosno potvrditi radi li se o Diracovom, Weylovom materijalu/topološkom izolatoru ili trivijalnom izolatoru. Sama topološka elektronska stanja spomenutih materijala su eksperimentalno teško opaziva jer je doprinos trivijalnih elektronskih stanja uglavnom dominantan pa je potrebno maksimalno smanjiti broj trivijalnih nosioca naboja (stanja između valentne i vodljive vrpce), a to znači proizvesti što homogeniji monokristalni uzorak s minimalno defekata i nečistoća. U Diracovim polumetalima vodljiva i valentna vrpca dodiruju se samo u diskretnim (Diracovim) točkama u Brillouinovoj zoni te imaju linearnu disperziju u svim smjerovima oko tih točaka. Zbog linearne disperzije Diracovi polumetali posjeduju mnoga zanimljiva fizikalna svojstva. Prilikom loma vremenske ili prostorne inverzije Diracova točka se dijeli na Weylove točke karakterizirane Chernovim brojem (Weylov polumetal). U okviru predloženog rada će se izvršiti sinteza Cd_3As_2 topološkog polimetala u modificiranoj dvozonskoj peći metodom depozicije iz plinovite faze, te će se izvršiti mjerenja magnetootpornosti odabranog sintetiziranog monokristala male koncentracije naboja. Parametri Fermijeve plohe će se odrediti iz rezultata mjerenja kvantnih oscilacija u magnetootporu. Zbog posebne metode sinteze koja omogućuje pomicanje položaja Fermijevog nivoa, ovi će rezultati pomoći boljem razumijevanju elektronske strukture Diracovog polimetala Cd_3As_2 , kao i mogućnosti u primjeni 3D Diracovih materijala.

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 $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-2x}\text{O}_{7-x}$ monokristala

Sadržaj teme:

Pojava visokotemperaturne supravodljivosti, VTS, pokazala se jednom vrlo interesantnom fizikalnom pojavom, za koju unatoč velikim naporima znanstvene zajednice u razumjevanju fizikalne pozadine same pojave ni nakon gotovo više od 30 godina istraživanja još uvijek nije nađeno cijelovito rješenje. Najveći problem u razumjevanju VTS predstavlja kompleksnost materijala, i vrlo složeni fazni dijagram. Tako u faznom dijagramu imamo prisutnost antiferomagnetske faze za koncentracije kisika $X=0$ te s povećanjem koncentracije kisika uz magnetsko uređenje javlja se supravodljiva faza, jaka elektronska međudjelovanja, pojava tzv. pseudoprocijepa, isčezavanje pseudo potencijala s maksimalnom temperaturom supravodljivog prijelaza, T_c , da bi na kraju povećanje koncentracije kisika do $X=1$ dovelo do sniženja T_c . U okviru rada student će istražiti utjecaj uređenja kisika na magnetska i supravodljiva svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-2x}\text{O}_{7-x}$ ($0.35 < x < 0.7$) monokristala odabrane koncentracije x i upoznati tehnike sinteze $\text{YBa}_2\text{Cu}_{3-2x}\text{O}_{7-x}$ monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala.

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

Mentor: dr. sc. Nikša Krstulović

Institucija: IFS

Naslov teme: Laserska sinteza dvokomponentnih nanočestica u tekućinama za primjene u fotokatalizi

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Krešimir Kumerički

Institucija: PMF

Naslov teme: Quantum superposition as a resource for quantum communication

Sadržaj teme:

The main objective of this thesis is to explore spatial superposition as a novel resource for quantum communication. In classical physics, at any instance of time, information flows in one direction only, i.e. an information carrier transmits the message from sender to the receiver, but not vice versa. In contrast, quantum physics opens a novel possibility of putting information carriers in spatial superposition which in turn enables simultaneous bi-directional transmission of information between the sender and the receiver. Our aim is explore this possibility to arrive at new communication tasks that cannot be accomplished within classical physics, thus quantifying the use of quantum superposition as a resource for communication. More precisely, we aim at classifying simple communication protocols (e.g. involving the exchange of information between several observers, with restrictions on the resources) by means of Bell's-like inequalities, which set precise limits to classical communication. On the other hand, the classification of these inequalities provides a natural operational framework to show that quantum information carriers in spatial superposition are genuine resource for non-classical communication (i.e. by explicitly violating the bounds imposed by Bell's-like inequalities). (Mentor: prof. dr. sc. Časlav Brukner, Komentori: dr. sc. Borivoje Dakić, prof. dr. sc. Krešimir Kumerički)

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Krešimir Kumerički

Institucija: PMF

Naslov teme: Istraživanje kvarkovsko-gluonske strukture protona pomoću strojnog učenja

Sadržaj teme:

Raspodjela kvarkova i gluona u protonu i drugim hadronima je samo djelomično poznata. Neke fizikalne značajke poput transverzalne raspodjele kvarkova, doprinosa kvarkova ukupnom spinu protona, tlaka kvarkova itd. moguće je opisati tzv. generaliziranim partonskim distribucijama (GPD). U radu bi se istraživala mogućnost ekstrakcije oblika GPD funkcija iz eksperimentalnih podataka metodama strojnog učenja. Obzirom na kompleksnost problema te metode obećavaju znatna poboljšanja obzirom na klasičnu metodu prilagodbe parametriziranih modela.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivan Kupčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Transportna svojstva Diracovih polumetala

Sadržaj teme:

Vodljivi elektroni u Diracovim polumetalima imaju disperziju sličnu disperziji 3D Diracovih elektrona. U ovom radu će se teorijski istražiti transportna svojstva ovakvih sustava, prije svega ovisnost istosmjerne vodljivosti o temperaturi.

Prvo će se izgraditi realistični model koji objašnjava utjecaj spin-orbit vezanja na disperzije elektrona u Diracovim polumetalima. Nakon toga će se ispitati vezanje tih elektrona na vanjska elektromagnetska polja. Na kraju će se izračunati efektivan broj nositelja naboja u istosmjernoj vodljivosti u ovisnosti o temperaturi.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivor Lončarić

Institucija: IRB

Naslov teme: Molekularna dinamika na strojno naučenoj plohi potencijalne energije

Sadržaj teme:

Teorija funkcionala gustoće je najraširenija metoda za teorijsko istraživanje materijala na atomskoj skali jer pruža odličnu točnost uz umjerenu računalnu zahtjevnost. Međutim, proučavanje dinamičkih procesa pomoću teorije funkcionala gustoće je najčešće nemoguće jer potrebni računalni resursi postaju preveliki. S razvojem stojnog učenja postalo je moguće naučiti potencijalnu energiju sustava za proizvoljnu konfiguraciju na temelju dovoljnog broja izračunatih potencijalnih energija za odabrane konfiguracije [1]. Izvrednjavanje tako naučene potencijalne energije je par redova veličine brže od računa pomoću teorije funkcionala gustoće, što omogućava simuliranje velikih sustava tijekom relativno dugog vremena. U okviru ove teme, planira se naučiti potencijalna energija za neki kompleksan sustav poput molekule adsorbirane na metalnoj površini, te na temelju te plohe potencijalne energije simulirati dinamiku sustava. Dinamika sustava će biti inducirana temperaturno i/ili kratkim laserskim pulsom.

[1] Phys. Rev. Lett. 98, 146401 (2007).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marija Majer

Institucija: IRB

Naslov teme: Kutna ovisnost radiofotoluminescentnih dozimetara u polju fotonskog zračenja

Sadržaj teme:

Razvoj novih tehnologija u području radioterapije i radiologije te usavršavanje postojećih postavilo je vrlo visoke zahtjeve na kvalitetu dozimetrijskih sustava. Radiofotoluminescentni (RPL) dozimetri su po mnogim svojim svojstvima izvrsni za dozimetrijska istraživanja i primjenu u medicini. Za ispravnu interpretaciju izmjerenih vrijednosti, u danim uvjetima mjerenja, potrebno je poznavati dozimetrijska svojstva u tim uvjetima. Eksperimentalni dio rada uključuje provjeru linearnosti i određivanje kutne ovisnosti dvije vrste RPL dozimetara za dvije energije fotonskog zračenja. Teme koje će student savladati tijekom rada: izvori gama zračenja ^{137}Cs i ^{60}Co ; međudjelovanje elektromagnetskog zračenja s materijom; osnovne dozimetrijske veličine i načela; karakterizacija dozimetara; RPL dozimetrijska metoda.

Litertura: Huang and Hsu, Radio-Photoluminescence Glass Dosimeter (RPLGD) <https://www.intechopen.com/books/advances-in-cancer-therapy/radio-photoluminescence-glass-dosimeter-rplgd>- Khan, The physics of radiation therapy (Chapter 1)

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: Pozicijski osjetljivi detektori gama zračenja

Sadržaj teme:

U laboratoriju za nuklearnu fiziku ispitivat će se detektori gama zračenja sastavljeni od segmentiranih scintilatora. Cilj je ispitati svojstva i utvrditi optimalne konfiguracije za razvoj nove generacije pozicijski osjetljivih detektora sa potencijalnom primjenom u medicinskom oslikavanju, mjerenju zračenja u okolišu, ali i u fundamentalnim mjerenjima.

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: Ispitivanje nukleon-nukleon korelacija u jezgrama

Sadržaj teme:

Ponašanje nukleona u jezgri u dobroj je mjeri opisano interakcijom u efektivnom srednjem potencijalu svih nukleona. Efekti koji odstupaju od takvog modela najčešće se pripisuju kratkodosežnim ili dugodosežnim nukleon-nukleon (NN) korelacijama. Eksperimenti s elektronskim raspršenjem na jezgrama omogućavaju precizna opažanja upravo takvih efekata. U diplomskom radu će se proučavati metode mjerenja NN korelacija, koja se provode na elektronskom ubrzivaču MAMI.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor:	dr. sc. Nadica Maltar Strmečki	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Određivanje dozimetrijskih svojstava sintetičkih dentalnih koštanih nadomjestaka spektroskopijom elektronske paramagnetske rezonancije		
Sadržaj teme:	<p>U slučaju radiološke nesreće potrebna je brza procjena apsorbirane doze izloženih pojedinaca koji profesionalno ne nose osobne dozimetre, te hitna masovna trijaža. Pokazano je da je spektroskopija elektronske paramagnetske rezonancije (EPR) brza i osjetljiva metoda retrospektivne dozimetrije, te može omogućiti brzu procjenu doze velikog broja ljudi u kratkom vremenskom razdoblju. EPR spektroskopija kao prirodni dozimeter koristi zubnu caklinu. Međutim, zubi su često podložni restauracijama s dentalnim koštanim nadomjestcima koji su uglavnom izrađeni od sintetičkih kompozita na bazi kalcijevog fosfata. Cilj istraživanja je usporedba svojstava dozimetrijskih signala za nekoliko komercijalno dostupnih kompozitnih materijala. Uz usporedbu više načina rekonstrukcije doze, te pomoću postojećih kalibracijskih modela bit će određene granice detekcije različitih kompozita. U sklopu diplomskog rada istražiti će se i stabilnost EPR signala u vremenu.</p>		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Nadica Maltar Strmečki	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Utjecaj kiralnosti na dinamiku bakrenih kompleksa s aminokiselinama		
Sadržaj teme:	<p>Kompleksi bakra (II) s amino kiselinama služe kao modeli za metaloproteine i razne vrste prijenosa bakra uključene u biološki važnim procesima. Cilj ovog istraživanja je usporedba dinamike bakrenih (II) kompleksa s odabranim kiralnim aminokiselinama (nepolarnim, polarnim i električki nabijenim). Dinamička svojstva kompleksa bit će istražena spektroskopijom elektronske paramagnetske rezonancije (EPR). Eksperimentalno dobiveni EPR spektri bit će simulirani programom EasySpin. Cilje je odrediti omjer cis i trans komponente, rotacijsko korelacijsko vrijeme i aktivacijsku energiju rotacijskog gibanja molekule. Dobiveni parametri bit će uspoređeni za L- i D- enantiomere.</p>		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Blaženka Melić	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Slučaj lakog Higgsova u modelu s dva Higgsova dubleta		
Sadržaj teme:	<p>Nakon kratkog osvrt na Higgsov mehanizam u Standardnom modelu, analizirali bi se problemi Higgsove čestice u Standardnom modelu, ograničenja na masu čestice zbog trivijalnosti i stabilnosti, kao i dominantni modovi raspada Higgsova. 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 Higgsova u četiri leptona, $h \rightarrow 4 l$.</p>		
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: Univerzalnost leptonskih okusa kao test Standardnog Modela

Sadržaj teme:

Standardni Model (SM) jakih i elektoslabih interakcija je teorijski model koji vrlo uspješno objašnjava i predviđa fenomenologiju elementarnih čestica na skalama koje su trenutno dostizne na eksperimentima. Međutim zbor raznih teorijskih razloga SM se smatra samo efektivnom teorijom neke puno fundamentalnije teorije koja vrijedi na puno većim energijama. Jedan od znakova kako bi ta fundamentalna teorija trebala izgledati bi mogao doći iz okusne strukture SM. Postoji nekoliko eksperimentalnih anomalija u B-fizici koje formiraju uniformni uzorak narušenja leptonske univerzalnosti, posebno u raspadima $B_0 \rightarrow K^* \mu \mu$, $B^+ \rightarrow K^+ l l$ kao i u $B \rightarrow D^{(*)} l \nu$ raspadima, te najnovije mjerenim raspadima $B_c \rightarrow J/\psi l \nu$. Tema diplomskog bi bilo upoznavanje s B-mezonskim semileptonskim raspadima, računanje udarnih presjeka i raznih kutnih raspodjela i asimetrija tih procesa kako bi se utvrdila odstupanja od eksperimenta, kao i uključivanje nekih novih operatera induciranih Novom Fizikom koji bi mogli objasniti odstupanja i eventualno odrediti model proširenja Standardnog Modela.

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

Mentor: dr. sc. Tea Mijatović

Institucija: IRB

Naslov teme: Neutronske bogate jezgre kalija

Sadržaj teme:

Osnovna tema ovoga rada je proučavanje neutronske bogate jezgre kalija masenih brojeva 41-46. U okviru rada treba izvršiti mjerenje vezane uz elektromagnetske prijelaze pobuđene nuklearnom reakcijom $40\text{Ar} + 208\text{Pb}$ mjerenom magnetskim spektrometrom PRISMA u koincidenciji s detektorom gama-zračenja CLARA. Korištenjem neutronske bogate stabilne jezgre 40Ar možemo pobuditi, uz kanale pobiranja neutrona i ogoljavanja protona, kanale pobiranja protona i ogoljavanja neutrona. Kanali pobiranja protona od velikog su interesa jer su do sada na mjerjenjima oko kulonske barijere samo nekoliko puta identificirani u atomskom i masenom broju. Upravo su izotopi kalija dobiveni reakcijama pobiranja i protona i neutrona, te je cilj identificirati njihove karakteristične elektromagnetske prijelaze. Usporedbom elektromagnetskih prijelaza kroz cijeli lanac izotopa kalija identificirat ćemo koja se to karakteristična stanja snažno pobuđuju. Rezultati mjerenja će se usporediti s dostupnim rezultatima nuklearnog modela ljusaka i prije publiciranim rezultatima za jezgre kalija. Reakcije prijenosa mnogo nukleona s neutronske bogate jezgre danas su od velikog interesa za pobuđenje neutronske bogate jezgre na radioaktivnim postrojenjima nove generacije.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Vesna Mikšić

Institucija: IFS

Naslov teme: Modifikacija elektronske strukture grafen/metal sistema kroz adsorpciju

Sadržaj teme:

Grafen, koji je sloj atoma ugljika poredanih u 2D kristalnu rešetku uređenja pčelinjeg saća (honeycomb), posjeduje izvrsna električna i optička svojstva zahvaljujući linearnoj disperziji elektronskih vrpca koje tvore Diracov konus [1, 2]. Pokazalo se da se najbolja kvaliteta grafena postiže u postupku depozicije kemijskih para (CVD – chemical vapour deposition) na metalnoj površini – substratu, s kojim grafen interagira. Kako bi se promijenila elektronska svojstva takvih sistema oni se često modificiraju raznim atomima i molekulama [3], npr. kroz interkalaciju između grafena i substrata može se reducirati utjecaj substrata. Dok su eksperimentalna istraživanja uglavnom fokusirana na utjecaj interkalacije raznih atoma između grafena i substrata [4,5], utjecaj adsorpcije takvih atoma na grafen istraživani su u znatno manjem opsegu. Upravo će tema ovog rada biti istraživanje utjecaja adsorpcije alkalijskih atoma na elektronsku strukturu sistema grafen/iridij (gr/Ir(111)). Student će aktivno sudjelovati u pripremi uzorka u uvjetima ultra-visokog vakuuma, te njegovom ispitivanju površinski osjetljivim tehnikama kao što su difrakcija elektrona niskih energija (low-energy electron diffraction – LEED) i kutno-razlučiva fotoemisijnska spektroskopija (angular-resolved photoemission spectroscopy – ARPES).

[1] Novoselov, K.S., et al., Two-dimensional gas of massless Dirac fermions in graphene. Nature 438 (7065): p. 197-200 (2005). [2] Bolotin, K.I., et al., Ultrahigh electron mobility in suspended graphene. Solid State Communications 146 (9-10): p. 351-355 (2008). [3] Vesna Mikšić Trontl, Ivan Jedovnicki, Petar Pervan; Gold intercalation of graphene on Ir(111); in preparation [4] P. Pervan, P. Lazić, M. Petrović, I. Šrut Rakić, I. Pletikosić, M. Kralj, M. Milun, and T. Valla; Phys. Rev. B 92, 245415 (2015) [5] Petrović, M. et al., The mechanism of caesium intercalation of graphene. Nat. Commun. 4:2772 (2013).

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

Mentor: dr. sc. Matko Milin

Institucija: PMF

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

Sadržaj teme:

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

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Matko Milin

Institucija: PMF

Naslov teme: Karakterizacija magnetizirane međuzvezdane materije

Sadržaj teme:

Međuzvezdana materija prožima prostor između zvijezda i njihovih sustava u galaksijama. Sastoji se od plina u ioniziranom, atomskom i molekularnom stanju, te od kozmičke prašine i kozmičkih zraka. Ravnoteža između pojedinih faza je temelj za njihovo razumijevanje. Međutim, značajna odstupanja od ravnoteže postoje u različitim situacijama, koje su povezane s izvorima velikih dinamičkih energija, npr. zvjezdanim vjetrovima i eksplozijama supernova. U ovom će se radu istražiti magnetizirana i ionizirana međuzvezdana materija korištenjem magnetohidrodinamičkih simulacija. Također će se rezultati simulacija usporediti s nedavnim promatranjima međuzvezdane materije na niskim radiofrekvencijama (100-200 MHz). Rad će biti izrađen u komentorstvu s dr. Francoisom Boulangerom, Laboratoire de Radio-Astronomie - Ecole Normale Supérieure, Observatoire de Paris

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

Naslov teme: Laserski inducirani proboj u međudjelovanju s pulsevima hladne izbojne plazme

Sadržaj teme:

Motivacija za predložena istraživanja nalazi se u potrebi boljeg razumijevanja procesa paljenja plazme na atmosferskom tlaku što čini osnovu za brojne primjene. Pod laserski induciranom plazmom podrazumijevamo onu stvorenu pomoću malih lasera, tipično sa trajanjem pulsa u nano sekundama, 4 ns i energijom do 350 mJ. Laserski snopovi s tokovima energije do 100 J/cm² dovoljni su da pretvore u paru praktično bilo koji materijal i proizvedu pulsnu ne-ravnotežnu plazmu koja brzo trne (u mikrosekundama). Zanima nas međudjelovanje takve laserske plazme s nisko temperaturnom plazmom proizvedenom pomoću izboja i nanosekundnih pulseva visokog napona. Proučavat će se efekti na proboj plazme uslijed prisustva zaostalog naboj induciranog izbojem u atmosferskom plazmenom mlazu. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava, korištenje laserom inducirane break-down spektroskopije (LIBS), usvajanje tehnika vremenski razlučivih mjerenja, izvođenje mjerenja, analizu i diskusiju rezultata, te pisanje diplomskog rada. Postoji mogućnost nastavka istraživanja u različitim područjima primjene.

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 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. Keplerov problem, problem tri tijela, gibanje zvrka, neinercijalni sustavi, stacionarna rješenja Schroedingerove jednačbe, dinamika kvantnih valnih paketa). Time bi na učenicima pristupačan način 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: Problem optimizacije slabo određenih modela nuklearne strukture

Sadržaj teme:

Velik broj modela nuklearne strukture temelji se na teoriji nuklearnog energijskog funkcionala gustoće pri čemu najveći izazov za precizan strukture atomske jezgre predstavljaju parametri samog funkcionala, posebno jer dostupni eksperimentalni podaci često ne dozvoljavaju jednoznačno određivanje parametara funkcionala. Ukratko, modeli nuklearnog energijskog funkcionala gustoće mogu se ubrojiti u široku klasu tzv sloppy modela poznatih ne samo u fizici, nego i u biologiji, ekonomiji itd. U okviru predloženog rada planiramo provesti analizu mnogostrukosti u prostoru empirijskoj podataka pomoću nekih od standardnih metoda diferencijalne geometrije te razmotriti mogućnosti redukcije broja parametara modela bez gubitka njegove kvalitete.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mario Novak

Institucija: PMF

Naslov teme: Sinteza magnetski uređenog NiNb₃S₆ interkaliranog dihalogenida

Sadržaj teme:

Cilj diplomskog rada je optimizirati sintezu Ni(1/3)NbS₂ monokristalnih uzoraka dihalogenida. Korištenjem metode rasta kristala „chemical vapour transport“ student će morati optimizirati proces rasta kristala da se dobiju kristali dovoljno velikih dimenzija za magnetska, električna transportna te mjerenja termo-snage. Uz odgovarajuće dimenzije kristala kristali moraju posjedovati i antiferromagnetsko uređenje. Prilikom izrade diplomskog rada studen će se upoznati sintezom kristala, strukturnom karakterizacijom, mjerenju transportnih i magnetskih svojstava te mjerenju termo-snage.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Fizikalni model u ranom učenju

Sadržaj teme:

Novija istraživanja kognitivnog razvoja djece pokazuju da ona već od rane dobi mogu razumijevati fizikalne modele. Stoga je uloga stručnjaka u obrazovnoj vertikali prirediti koncepte i modele prikladne za različite dobne skupine u vrtiću i razrednoj nastavi. U okviru ovog rada razradilo bi se nekoliko modela i diskutirala njihova prikladnost za različite dobne skupine. Detaljno bi se razradila uputa za odgajatelje ili učitelje za implementaciju tih modela u redovitu nastavu.

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Fizika kao okosnica ranog znanstvenog obrazovanja u vrtićima i razrednoj nastavi: elektricitet / magnetizam / valovi

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Suvremena nastava fizike: terenska nastava u prirodi

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Suvremene metode u nastavi fizike: Upotreba micro:bit uređaja kao mjernog instrumenta u problemski orijentiranoj nastavi

Sadržaj teme:

Pojava novih generacija mikrokontrolera kao što je micro:bit omogućava njihovu širu primjenu u obrazovanju. U okviru ovog diplomskog rada istaknut će se mogućnosti primjene u okviru problemski orijentirane nastave gdje učenik konstruira mjerni instrument i primjenjuje ga u istraživanju prirode. 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. Nils Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Uхват elektrona u atomskoj jezgri u okviru relativističkog funkcionala gustoće

Sadržaj teme:

U okviru ove teme predviđen je razvoj teorijskog formalizma za opis nuklearnih procesa slabog međudjelovanja koji se odvijaju u unutrašnjosti zvijezde u fazi koja prethodi eksploziji supernove. Fokus istraživanja će posebice biti na uhvatu elektrona u jezgrama, procesu od posebne važnosti za evoluciju zvijezde, a vodeći računa da degenerirani elektronski plin u zvijezdi igra važnu ulogu, a procesom uhvata elektrona se izravno utječe na dinamiku kolapsa. Za opis uhvata elektrona predviđen je razvoj relativističke teorije srednjeg polja na konačnoj temperaturi, koja će istodobno uključivati i korelacije sparivanja nukleona. Doprinosi temperature i sparivanja imaju suprotan učinak na svojstva jezgara i nuklearnih procesa u kojima te jezgre sudjeluju, posebice u uvjetima u fazi zvijezde koja prethodi eksploziji supernove, na temperaturama približno $T \sim 1$ MeV. Relevantni nuklearni prijelazi će biti opisani u okviru relativističke kvazičestične aproksimacije slučajnih faza koja će biti razvijena za slučaj konačne temperature. Ujedinjavanjem modela za opis nuklearnog početnog stanja, relevantnih nuklearnih prijelaza i udarnih presjeka za uхват elektrona, bit će uspostavljen jedinstveni teorijski okvir kojim će se istražiti stope uhvata elektrona na nizu jezgara koje su zastupljene u središnjem dijelu zvijezde, za relevantne raspone temperatura i produkta gustoće materije u zvijezdi i omjera elektrona i bariona.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Dinamička i energijska razmatranja gibanja vozila na hibridni pogon

Sadržaj teme:

Vozila koja kombiniraju pogon pomoću motora s unutarnjim izgaranjem i električnih motora mogu u određenoj mjeri smanjiti potrošnju goriva. U različitim režimima gibanja oni preusmjeravaju silu i energiju između elektromotora i generatora, motora s unutrašnjim izgaranjem, sustava kočenja i ubrzavanja, punjenja i pražnjenja baterije, te tako optimiziraju gibanje i potrošnju energije. Student će proučiti i predstaviti rad takvog hibridnog sustava, postaviti pretpostavke i izgraditi model djelovanja sila i prijenosa/pretvaranja energije među pojedinim podsustavima te modelirati različite režime vožnje. Rezultat toga bi trebao biti fizikalno utemeljen opis optimalnijih načina vožnje koji bi se izrazio putem različitih dobivenih kinematičko-dinamičko-energijskih dijagrama.

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

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetsko i električno ponašanje odabranog multiferoičnog materijala

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Uklanjanje nano-srebra iz vode magnetskim poljem

Sadržaj teme:

Nanometarske čestice srebra (nano-srebro) nalaze sve veću uporabu, od medicine do kućanstava, kao novo sredstvo za zaštitu protiv bakterija. Nakon primjene nanočestica one redovito odlaze i u otpadne vode te se šire u okoliš. Sve je više studija koje ukazuju na toksičnost nano-srebra, kao i ostalih nanomaterijala. Nano-toksičnost je povezana s malenom veličinom čestica zbog koje one mogu prodirati i u stanice organizama te ondje činiti razne štete. Nanočestice su posebno zanimljive i u magnetizmu, gdje zbog male veličine poprimaju jedinstven veliki magnetski moment, što se događa čak i za nemagnetske materijale kao što je srebro. Stoga nanometarske čestice srebra imaju veliki magnetski moment na koji vanjsko magnetsko polje može djelovati silom ili momentom sile. Ideja ovog diplomskog rada je predložiti način na koji bi se magnetskim poljem proizvedenim pomoću jakih magneta nano-srebro moglo izdvajati iz otpadnih voda. Stoga će student proučiti pojavu superparamagnetskog momenta u nano-srebru, načine na koje primijenjeno magnetsko polje djeluje na njih, te izračunati gibanje nanočestica srebra u vodi. Na temelju toga ustanovit će kako treba dizajnirati magnetsko polje te pod kojim uvjetima će ono uspješno uklanjati nano-srebro iz vode.

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

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 dijagrama 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: aneuploidija

Sadržaj teme:

Za vrijeme mitoze, diobeno vreteno omogućuje osobitu preciznost u podjeli kromosoma. U realnim uvjetima, međutim, dolazi do grešaka u diobenom vretenu od kojih neke za posljedicu imaju gubitak kromosoma. 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. Također, teorija će opisati formiranje neispravnih veza te njihove popravke. Teorija bi trebala napraviti vezu između dinamike diobenog vretena te gubitka kromosoma. Također, teorija bi trebala napraviti kvantitativna predviđanja o učestalosti gubitka kromosoma koji će se eksperimentalno provjeriti.

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

Mentor: dr. sc. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje pozicioniranja kromosoma u metafazi

Sadržaj teme:

Ispravan položaj kromosoma ključan je za uspješnu diobu genetskog materijala. Položaj kromosoma je određen silama na njega. Da bi se opisale sile na kromosome za vrijeme metafaze, uvest će se model koji uključuje mikrotubule koji se protežu između sestrinskih kinetohornih vlakana, nazvani prenosni mikrotubuli te ostale poznate sile koje djeluju u diobenom vretenu: sile koje nastaju između mikrotubula i kinetohora, sile između centrosoma i mikrotubula, sile koje su prisutne u prenosnim mikrotubulima, a generiraju ih molekularni motori. Također, razmatrat će se utjecaj molekularnih motora koji "mjere" duljinu mikrotubula tako što se nakupljaju na krajevima mikrotubula, a čiji broj ovisi o duljini mikrotubula. Dobiveni će rezultati usporediti s izmjerenim položajima kromosoma u stanicama s prirodnom koncentracijom motornih proteina te u stanicama koje imaju te koncentracije izmijenjene, koje će omogućiti eksperimentalna grupa profesorice Ive Tolić s Instituta Ruđer Bošković.

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

Mentor: dr. sc. Marin Petrovic

Institucija: IFS

Naslov teme: Elektronska struktura jednoslojnog heksagonalnog borovog nitrida

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Robert Pezer

Institucija: SIM

Naslov teme: Modeliranje kvantne dinamike ultra hladnih plinova na prstenu

Sadržaj teme:

Jako međudjelujući kvantni sustavi više tijela i njihova inherentna složenost omogućavaju proučavanje fascinantnih novih fenomena u fizici. Posljednjih godina ultra hladni atomski plinovi pripremljeni u optičkim rešetkama otvorili su nove mogućnosti za eksperimentalna istraživanja fizike više tijela u vrlo fleksibilnom okruženju. Posebno se ističe iznimna preciznost postavljanja parametara sustava, kao što su jakost međudjelovanja, značajke rešetke ili dimenzionalnost sustava. Sve to omogućava podrobna proučavanja paradigmatskih Hamiltoniana modela poznatih iz fizike kondenzirane tvari koje je u izvornom okruženju iznimno teško proučavati. U okviru ovog istraživanja proučavala bi se neravnotežna kvantna dinamika bozona u 1D na prstenu korištenjem diskretnoga Bose-Hubbardova i kontinuiranog modela u granici jakih međudjelovanja. Istraživanje uključuje intenzivan rad na računalu tako da je interes za kompjutorsku fiziku prednost.

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

Mentor: dr. sc. Maja Planinić

Institucija: PMF

Naslov teme: Istraživanje učeničkog razumijevanja valne optike

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Usporedba grebenaste korelacije u sudarima protona i sudarima teških iona

Sadržaj teme:

Korelacije čestica koristan su alat za analizu mehanizama proizvodnje čestica te njihovih kolektivnih ponašanja u visokoenergetskim sudarima. Prijašnja mjerenja ukazala su na pojavu grebenastih struktura u korelacijskim funkcijama koje bi mogle biti indikator za pojavu kvarkovsko-gluonske plazme. Nastanak takvog stanja materije očekivan je u sudarima teških iona, no ne i u sudarima protona. S druge strane, pojava grebenastih struktura pod određenim uvjetima pojavljuje se i u sudarima protona, što je zasad teorijski neobjašnjivo. U diplomskom radu reproducirati će se grebenasta struktura u sudarima protona i promotriti pod kojim se uvjetima pojavljuje najsličnija struktura u sudarima iona te će se usporediti varijable sudara u oba sustava.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Simulacija procesa nuklearnog raspada

Sadržaj teme:

Iako je nuklearni raspad statistički proces, opisujemo ga jednostavnim jednakostima koje govore o najvjerojatnijim vrijednostima vremenskih prosjeka fizičkih veličina. Ovakav opis često odmaže u razumijevanju koncepta statističkih procesa što je slučaj i kod nuklearnih raspada. U diplomskom radu student bi napravio simulaciju raspada sustava N radioaktivnih čestica i pokušao odgovoriti na niz konceptualnih pitanja kao što su: Je li definirano vrijeme poluživota za jednu česticu?, Kako se odnose prosječno vrijeme između dva raspada i prosječno vrijeme od nasumičnog trena do idućeg raspada? itd., direktno pomoću simulacije. Simulacija bi bila opremljena jednostavnim grafičkim prikazom raspada, kao i sadržavala niz pitanja na koja bi korisnik pokušao odgovoriti.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Razvoj testnog postava za nadogradnju komore vremenske projekcije na ALICE detektoru

Sadržaj teme:

Tijekom drugog dugog gašenja Large Hadron Collidera na CERN-u potrebno je nadograditi detektore za mjerenja visokoenergetskih sudara zbog povećanog luminoziteta čestičnih snopova. Na ALICE detektoru, jedna od najbitnijih nadogradnji je zamjena uređaja za očitavanje unutar komore vremenske projekcije detektorima baziranim na Gas Electron Multiplier (GEM) tehnologijama. U diplomskom radu će se razvijati nadogradnje testnog postava za GEM detektore na Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu tako što će se testirati visokonaponske karakteristike postava, kao i pokušati realizirati očitavanje signala s detektora pomoću pikoampermetara originalno razvijenih za tu namjenu.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Dihalkogenidi u ekstremnim uvjetima

Sadržaj teme:

Dihalkogenidi prijelaznih metala su kvazi-dvodimenzionalni materijali koji su zadnjih godina u fokusu znanstvenog interesa iz dva razloga. Prvi je da ih zbog mogućnosti dobivanja u obliku 2D struktura smatraju nasljednikom grafena. Drugi je pojačani korelacijski efekti koji ovdje igraju značajnu ulogu zbog snižena dimenzionalnosti što rezultira bogatstvom raznih osnovnih stanja te ovisno o kemijskom sastavu oni mogu biti poluvodiči, polumetali i pravi metali, a neki od njih su i supravodljivi. Moguće ih je interkalirati magnetskim ionima te na taj način dobiti sustave u kojima magnetski i električni podsustavi koegzistiraju. Međudjelovanje ovih dvaju sustava rezultira zanimljivim magnetskim uređenjima na koja je moguće utjecati primjenom tlaka i/ili magnetskog polja te na taj način bolje razumjeti to međudjelovanje sa svrhom instrumentalizacije ovakvih i sličnih sustava. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od interkalata NbS₂ sustava. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniakalnog tlaka od nekoliko GPa kao i magnetskog polja te mjerenjem fizikalnih veličina u ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u laboratoriju Instituta za fiziku uz mogućnost međunarodne suradnje. Rezultati rada će se sažeti u znanstvenu publikaciju te postoji mogućnost nastavka suradnje i nakon diplome.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Termoelektrični materijali

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Vremenski ovisan dielektrični odziv spoja dielektrik-feroelektrik

Sadržaj teme:

U okviru ovog diplomskog rada student će se upoznati s fizikom feroelektrika, Landauovim razvojem Gibbsove energije i faznim prijelazima, razmatranje rješenja Landau-Khalatnikovove jednadžbe u statičkoj i dinamičkoj granici. Spoj dielektrik-feroelektrik ispoljava vrlo posebno svojstvo tzv. "negativnog električnog kapaciteta" do kojeg dolazi fiksiranjem rubnih uvjeta rješenja spomenutih jednadžbi na granici spoja. Ovakvo svojstvo ima potencijalno vrlo važnu mogućnost primjene u fizici i tehnologiji metamaterijala ako se odziv na vremenski ovisnu elektromagnetsku pobudu pokaže širokopojasnim. U tom cilju, u okviru ovog rada trebat će izračunati vremenski ovisnu dielektričnu funkciju ovakvog spoja i primijeniti rezultate na realne materijale iz literature te diskutirati rezultate. Druga motivacija za istraživanje "negativnog električnog kapaciteta", pokrivena u ranijim radovima, je svakako u razvoju digitalne tehnologije, napose tehnologije FET tranzistora korištenih u konstrukciji računalnih procesora. Pojavio se, naime, fundamentalni problem donje granice promjene potencijala na kanalu FET-a, koja izazove promjenu struje, od 60 mV po dekadi. Ovo je rezultiralo stagnacijom operativne frekvencije procesora na cca. 2 GHz, a ostvarivanje napretka u brzini obrade podataka postiže se isključivo paralelizmom jezgri. Dodani sloj feroelektričnog materijala na dielektrik ispod vrata FET-a efektivno se ponaša poput serijskog spoja dva kapacitora od kojih jedan ima negativni kapacitet. Isti se ponaša poput transformatora napona temeljenog na pozitivnoj povratnoj sprezi koja dolazi od mikroskopskih stupnjeva slobode feroelektrika. Ovaj mehanizam omogućava prevazilaženje granice od 60 mV po dekadi i ima potencijalno važne konsekvence za digitalnu tehnologiju.

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

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Stabilnost dvodimenzionalnog elektronskog kondenzata s topološki rekonstruiranom Diracovskom vrpcom u okolini Lifshitzove točke

Sadržaj teme:

Cilj rada je razmotriti dvodimenzionalni plin slobodnih elektrona s Diracovskom disperzijom koji je podvrgnut periodičkom potencijalu. Nametnuti potencijal, ovisno o valnom vektoru, vrši topološku rekonstrukciju Fermijeve površine od niza zatvorenih kontura u otvorenu te konsekvntno mijenja jednoelektronski spektar u kojem se javljaju Lifshitzove točke. Izračunom gustoće stanja koja prati ovu promjenu otvarajući pseudoprocijep između Lifshitzovih točaka te, na temelju nje, izračunom energije elektronske vrpce treba odrediti stabilnost sustava spram uvedene promjene tj. da li se energija vrpce spušta u odnosu na nerekonstruiranu. Ovim uvidom imamo za cilj opravdati slutnju i izračunati da li je mehanizam topološke rekonstrukcije Fermijeve plohe odgovoran za spontano nastajanje valova gustoće naboja, kao samosuglasno organiziranog periodičkog potencijala koji rekonstruira Fermijevu površinu, u sustavima temeljenim na dopiranom grafenu, a kao što je eksperimentalno opaženo u kalcijem interkaliranom grafitu CaC6.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Utjecaj anizotropije trodimenzionalne slobodnoelektronske vrpce pod utjecajem periodičkog potencijala na stabilnost kondenzata

Sadržaj teme:

Cilj rada je razmotriti anizotropni trodimenzionalni plin slobodnih elektrona s paraboličnom disperzijom koji je podvrgnut periodičkom potencijalu. Nametnuti potencijal, ovisno o valnom vektoru, vrši topološku rekonstrukciju Fermijeve površine te konsekvntno mijenja jednoelektronski spektar u kojem se javljaju Lifshitzove točke. Računat će se gustoća stanja elektronskog plina koja prati ovu promjenu te promatrati evolucija pseudoprocijepa između Lifshitzovih točaka ovisno o stupnju anizotropije sustava od 3D prema 2D geometriji. Nadalje, izračunom totalne energije elektronske vrpce treba odrediti stabilnost sustava spram uvedene promjene tj. utvrditi da li se energija vrpce spušta u odnosu na nerekonstruiranu. Ovim uvidom želimo utvrditi da li mehanizam topološke rekonstrukcije 3D Fermijeve plohe, ovisno o stupnju anizotropije, može biti odgovoran za spontano nastajanje valova gustoće naboja kao samosuglasno organiziranog periodičkog potencijala koji rekonstruira Fermijevu površinu. Motivacija za ovo istraživanje su eksperimentalno opažene nabojne pruge ("stripes") u nizu materijala jako anizotropne trodimenzionalne geometrije (kvazi-2D materijali) među kojima su paradigmatiski primjer kupratni spojevi danas poznati kao HiTC supravodiči, a u kojima standardni model nastajanja nabojnih pruga tzv. ugnježđenjem Fermijeve plohe nije primjenjiv.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tania Natalie Robens

Institucija: IRB

Naslov teme: Models with extended scalar sectors

Sadržaj teme:

Particle physics is currently in one of the most exciting eras in the last 50 years. The discovery of the long-sought Higgs Boson, the last building block of the Standard Model (SM) of Particle Physics, at the Large Hadron Collider (LHC) at the European Center for Nuclear Research (CERN) in Geneva, Switzerland, in 2012 has led to the Nobel prize in 2013 and reinforced the enthusiasm of theoretical and experimental researchers. In this project, models will be investigated that extend the scalar sector of the SM by additional physical states. Such models are already constrained by theoretical and experimental data, however, experimental uncertainties and limits in search regions still leave room for new physics models. In more detail, the student will investigate the parameter space of a model that incorporates 6 additional particles and currently serves as a benchmark for the experimental collaborations. The student will set up a consistent scan code for this model, including both theoretical and experimental constraints, as well as the consistent description of the matter content. If feasible, predictions for colliders will be made using publicly available computational programs such as Madgraph.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tania Natalie Robens

Institucija: IRB

Naslov teme: Approximating numerical evaluations using grids

Sadržaj teme:

In Quantum Field Theory, particle collisions are usually described using a perturbative approach, where sub-leading orders are supposed to only slightly modify the leading-order description of a certain process. However, in practise these can be quite large and therefore need to be included in theoretical predictions for physical processes. For processes with many particles in the final state the typical tools used for these predictions are Monte Carlo Event Generators, that mimic the experimental results using numerical approaches. The inclusion of sub-leading contributions into such tools has been one of the major research fields in recent years. The inclusion of higher-order corrections however comes with caveats, as in principle divergent terms cancel in each order in perturbation theory; however, the numerical inclusion of such cancellations proves tedious. For this, theorists employ subtraction schemes, which shuffle terms with these divergences and subsequently allow for an analytic cancellation. In these schemes, some additional contributions need to be evaluated numerically. The aim of this project is to generate appropriate approximation functions for these numerical contributions and to interface them with an existing code describing processes at next-to-leading order. This will build on a bachelor-style research project performed in Dresden in 2012, where first steps have already been taken into this direction. The code will be made publicly available if feasible. 1

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Krešimir Salamon

Institucija: IRB

Naslov teme: Rendgenska difrakcija teksturiranih tankih filmova: simulacija, vizualizacija i eksperimenti

Sadržaj teme:

Tanki filmovi su planarni slojevi materijala debljine reda 1-100 nm. Dobivaju se fizikalnim ili kemijskim metodama depozicije, a rast filma spada općenito u neravnotežne procese koji mogu rezultirati u novim materijalima i metastabilnim strukturama. Za primjenu takvih materijala, te za razumjevanje dinamike rasta slojeva, osnovno je razumjeti strukturno-morfološka svojstva filmova i povezati ih s procesom depozicije. U tu svrhu koriste se najčešće, između ostalih, rendgenske tehnike malog upadnog kuta kao što su reflektivnost rendgenskih zraka (XRR), difrakcija pri malom upadnom kutu (GIXRD), te raspršenje u mali kut pri malom upadnom kutu (GISAXS). XRR i GISAXS su metode za morfološko istraživanje, a GIXRD otkriva fazni sastav tankih filmova. Kako su tanki filmovi često teksturirani (kristaliti preferirano izlažu neku kristalografsku ravninu prema ravnini površine), GIXRD analiza postaje komplicirana i potrebne su simulacije za određivanje i kvantificiranje teksture. Cilj ovog rada je upoznati se sa difrakcijskim tehnikama i tehnikama malog upadnog kuta za istraživanje strukture i morfologije tankih filmova, te izraditi simulaciju difrakcije i raspršenja pomoću programskog jezika Python i njegovih paketa za numerički rad i vizualizaciju. Student bi se upoznao s pojmom recipročnog prostora, te raspodjelom difrakcije ili raspršenja u 3D, ovisno o strukturi/morfologiji uzorka i geometriji eksperimenta. Od studenta se očekuje poznavanje programskog jezika Fortrana (f90) i/ili Pythona.

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

Mentor: dr. sc. Zdravko Siketić

Institucija: IRB

Naslov teme: Mjerenje efikasnosti detekcije TOF-ERDA spektrometra

Sadržaj teme:

Među najvažnijim tehnikama za karakterizaciju i dubinsko profiliranje tankih filmova, debljine nekoliko stotina nm, nalaze se metode koje se baziraju na interakciji ionskih snopova (engl. Ion Beam Analysis, IBA) s materijalom. Ioni ubrzani na energije od ~ 1 MeV/A pomoću Van de Graaff akceleratora, sudaraju se s metama, te se gledaju produkti raspršenja. Jedna od IBA metoda je elastično izbijanje iona u prednje kutove (engl. Elastic Recoil Detection Analysis, ERDA), gdje se bilježi energija i broj elastično izbijenih iona iz promatrane mete. Uz detekciju energije može se mjeriti i vrijeme proleta elastično izbijenih iona (eng. Time of Flight, TOF), što omogućuje odvajanje iona istih energija, a različitih masa. Jedna od odlika TOF-ERDA metode je odlična dubinska (~ 2 nm na površini) i masena razlučivost $M/\Delta M \sim 40$. Efikasnost detekcije izbijenih iona nije 100% i ovisna je o njihovoj vrsti i energiji. Grubo pravilo je da je efikasnost proporcionalna zaustavnoj moći iona (eng. Stopping power) u tankim folijama koje se koriste za generiranje START i STOP signala u TOF dijelu spektrometra. Laki ioni, poput H, D, He i Li imaju malu zaustavnu moć na energijama od nekoliko MeV-a i efikasnost spektrometra varira od 10-90%. Kao tema za diplomski predlaže se mjerenje efikasnosti detekcije TOF-ERDA spektrometra. Mjerenja će se raditi za ione H, He, Li i O u rasponu energija od 100 keV-10 MeV. U tu svrhu koristit će se Van de Graaff akcelerator i TOF-ERDA spektrometar u Laboratoriju za interakcije ionski snopova, Instituta Ruđer Bošković.

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

Mentor: dr. sc. Hrvoje Skenderović

Institucija: IFS

Naslov teme: Izrada računalno 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 oslikavanju (imagingu), holografskoj kriptografiji, pohranjivanju podataka i drugdje. Zapis CGH-a na neki medij je nekada bio ograničen kompliciranim litografskim metodama, a jedna od alternativa je direktno zapisivanje laserom. Jedinstvene osobine fs lasera omogućuju kvalitetan zapis visoke rezolucije (~8000 dpi) odnosno reprodukciju većih objekata iz holograma male veličine. Diplomski rad 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.

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: Koncept magnetskog polja u nastavi fizike u srednjoj školi

Sadržaj teme:

Magnetizam je jedna od najbitnijih pojava u fizici i nužno je da učenici u potpunosti shvate koncept magnetizma i magnetskog polja. Magnetsko polje, B , u nekoj točki prostora može se opisati pomoću magnetske sile koja djeluje na nabijenu česticu koja se giba određenom brzinom u polju. Silnice magnetskoga polja zamišljene su zatvorene krivulje (nemaju početak ili kraj) koje svojim oblikom i gustoćom prikazuju jakost magnetskoga polja u nekome dijelu prostora. Najjednostavniji prikaz magnetskog polja učenicima je upravo preko silnica polja koje mogu biti eksperimentalno određene. Najveći broj pokusa koje se danas izvode u školama vezan je uz ponašanje željezne piljevine u magnetskom polju, što je prilično grubo ponašanje. U ovom diplomskom radu biti će izučavani različiti načini objašnjavanja koncepta magnetskog polja, usporedno s određenim brojem eksperimenata koji će se izvoditi u nastavi. Većina pokusa biti će izvedena uz pomoć upotrebe ferofluida, tekućina koja postaje vrlo magnetizirana u prisustvu magnetskog polja. Ferofluidi su koloidne tekućine sastavljene od feromagnetskih ili ferimagnetskih nanočestica suspendiranih u nekom fluidu (najčešće organskom otapalu ili vodi). Ferofluidi ne zadržavaju magnetizaciju nakon prestanka djelovanja magnetskog polja i vrlo su povoljni za izvođenje velikog broja eksperimenata kojima se može prikazati djelovanje magnetskog polja. U okviru diplomskog rada poručavat će se magnetsko polje permanentnih magneta, zavojnica, strujnih krugova itd. Također će se proizvesti "magnetsko povećalo" kojim će se pratiti oblik silnica magnetskog polja. Osim u edukacijske svrhe, ferofluidi se koriste u izradi elektronskih uređaja, mehaničkih uređaja, istraživanjima u znanosti o materijalima, medicini i sl.

Reference: 1. Serway, R.A. and Jewett, J.W. (2014) Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. 9th Edition, Cengage Learning, Boston. 2. Rosensweig, R.E., Ferrohydrodynamics, Cambridge University Press, New York(1985), now available in reprint as a Dover Publication, Mineola, New York 3. Voit, W.; Kim, D. K.; Zapka, W.; Muhammed, M.; Rao, K. V. (21 March 2011). "Magnetic behavior of coated superparamagnetic iron oxide nanoparticles in ferrofluids". MRS Proceedings. 676. doi:10.1557/PROC-676-Y7.8. 4. Helmenstine, Anne Marie. "How to Make Liquid Magnets". ThoughtCo. Retrieved 2018-07-09.

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

Mentor: dr. sc. Ivica Smolić

Institucija: PMF

Naslov teme: Ergopodručja

Sadržaj teme:

Rotirajuća materija zbog općerelativističkih efekata "povlači" prostorvrijeme u svojoj okolini, uzrokujući rotiranje lokalnih inercijalnih sustava (Lense-Thirringov efekt). Ovaj fenomen je nedavno precizno izmjeren sondom "Gravity probe B" u Zemljinoj orbiti i dobiveni rezultati su u potpunom slaganju s predviđanjima opće teorije relativnosti. Ekstreman primjer ovakvog efekta nalazimo kod rotirajućih crnih rupa koje su okružene tzv. ergopodručjem u kojem svi fizikalni promatrači moraju rotirati zajedno s crnom rupom. No, za razliku od područja unutar horizonta, iz ergopodručja je moguće pobjeći, što omogućuje načelnu ekstrakciju rotacijske energije crne rupe (Penroseov efekt). U ovom radu bio bi napravljen pregled geometrijskih i fizikalnih svojstava svih tipova ergopodručja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Neven Soić

Institucija: IRB

Naslov teme: Mjerenje nuklearnih reakcija induciranih snopom ^3He na jezgrama ^2H , ^9Be i ^{12}C

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. Specifična građa neke jezgre vodi na velike udarne presjeke određenih tipova reakcija, npr. zbog dvostruke magičnosti jezgre ^4He , snop ^3He će imati velike udarne presjeke za reakcije uhvata neutrona. Građa jezgre mete također značajno utječe na udarni presjek reakcije, a također utječe na ukupnu energiju dostupnu u reakciji, u koju uz komponentu energije snopa ulazi i razlika masa jezgara u ulaznom i izlaznom kanalu reakcije (Q-vrijednost reakcije). U takvim sudarima jezgre produkti reakcija se stvaraju u osnovnim i pobuđenim stanjima čije su energije pobuđenja ispod praga određenog ukupnom energijom u reakciji. Eksperimentalni dio rada su mjerenja nuklearnih procesa između snopa ^3He i jezgara različitih građa: ^2H , ^9Be i ^{12}C , koja će se izvesti na Tandem Van de Graaff akceleratoru Instituta Ruđer Bošković. Kutne raspodjele na stražnjim kutevima produkata reakcija odrediti će se za nekoliko energija snopa između 2.5 i 5 MeV pomoću silicijskih detektora koji daju precizne informacije o energiji i položaju detektirane jezgre za razmjerno veliko područje kuteva. Identificirati će se nuklearni procesi do kojih dolazi u interakciji snopa ^3He s jezgarama u metama 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. Osim značaja za bazično razumijevanja nuklearne građe i dinamike reakcija, poznavanje ekscitacijskih funkcija ovih reakcija na stražnjim kutevima je od velikog značaja za analitičke metoda određivanja sastava različitih uzoraka, osobito onih povezanih s razvojem fuzijskih reaktora. Tijekom izrade diplomskog rada student će naučiti i aktivno se 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. Josip Stepanić

Institucija: FSB

Naslov teme: Magnetomjerni kompas

Sadržaj teme:

Rad suvremenih navigacijskih instrumenata temelji se na različitim fizikalnim principima. Primjer takvih instrumenata su magnetomjerni kompas, jedna vrsta magnetskih kompasu.

U radu je potrebno opisati statičke i dinamičke karakteristike magnetomjernog kompasu jednostavne strukture, polazeći od općih izraza za elektromagnetsku indukciju. Opis treba uključivati formalni pristup i pripadne vizualizacije. U opisu je potrebno navesti zahtjeve na magnetske materijale upotrijebljavane u magnetomjernom kompasu. Magnetomjerni kompas potrebno je usporediti s ostalim vrstama magnetskih kompasu s obzirom na njihova područja primjenjivosti te s obzirom na točnost, preciznost i stabilnost indiciranih veličina.

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

Mentor:	dr. sc. Josip Stepanić	Institucija:	FSB
Naslov teme:	Mehanički girokompas		
Sadržaj teme:	<p>Rad suvremenih navigacijskih instrumenata temelji se na različitim fizikalnim principima. Primjer takvih instrumenata su mehanički girokompasi.</p> <p>U radu je potrebno opisati dinamičke karakteristike mehaničkog girokompasa polazeći od općih izraza za rotaciju krutog tijela. Opis treba uključivati formalni pristup i pripadne vizualizacije. U opisu je potrebno obrazložiti značenje i navesti potankosti svojstva autokalibracije koje pokazuje mehanički girokompas. Zastupljenije inačice mehaničkih girokompasa potrebno je međusobno usporediti sa stajališta točnosti, preciznosti i stabilnosti indiciranih veličina.</p>		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike		

Mentor:	dr. sc. Davorin Sudac	Institucija:	IRB
Naslov teme:	Određivanje stehiometrijskog omjera kemijskih elemenata u uzorku pomoću neutronske aktivacijske analize		
Sadržaj teme:	<p>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 fosfora, atoma ugljika i sumpora itd. pomoću kojih će se izraditi kalibracijske krivulje koje poveju stehiometrijske C/P, C/S, C/F ... omjere i omjere dobivene neutronsom aktivacijskom metodom. Pomoću kalibracijskih krivulja odredit će se kemijska formula nepoznatog uzorka. U nastavku ispitati će se mogućnost kvantitativnog utvrđivanja količine pojedinih sastojaka u smjesi.</p>		
Smjerovi:	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Denis Sunko	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Murunskit u modelu čvrste veze		
Sadržaj teme:	<p>Murunskit $K_2Cu_3FeS_4$ je prirodni mineral iz skupine sulfasoli, koja se može zamisliti kao da je u oksidima kisik zamijenjen sumporom. Posebno je zanimljiv zato što je strukturalno analogan željezovom arsenidu KFe_2As_2, koji je visokotemperaturni supravodič. U ovom diplomskom radu napraviti će se osnovni model čvrste veze za murunskit sa orbitalama relevantnim u blizini Fermijevog nivoa, te će ga se proučiti u nekim jednostavnim granicama.</p>		
Smjerovi:	fizika (istraživački)		

Mentor: dr. sc. Hrvoje Štefančić

Institucija: HKS

Naslov teme: Uzorkovanje metodom snježne grude na kompleksnim mrežama

Sadržaj teme:

Veliki broj vrlo raznorodnih kompleksnih sustava koje proučavanju fizika, kemija, biologija, sociologija, ekonomija, računalne i druge znanosti mogu se prikazati kao kompleksne mreže. Istraživanje strukture i dinamike kompleksnih mreža, kao i dinamike procesa koji se odvijaju na kompleksnim mrežama predstavlja jedno od najpropulzivnijih interdisciplinarnih područja moderne znanosti. U mnogim situacijama je od važnosti uzorkovanjem istraživati populaciju za koju su odnosi među jedinkama predstavljeni kompleksnom mrežom. Cilj teme diplomskog rada je istražiti svojstva postupka uzorkovanja metodom snježne grude na kompleksnim mrežama te ispitati da li se i pod kojim uvjetima metoda snježne grude može približiti po svojim svojstvima slučajnom uzorkovanju na kompleksnim mrežama. Naime, metoda snježne grude se standardno klasificira kao neprobabilistička metoda uzorkovanja kod koje iz uzorka nije moguće pouzdano zaključivanje o populaciji. S druge strane, uzorkovanje metodom snježne grude je često jedini realistični pristup uzorkovanju ukoliko je ciljanoj populaciji onemogućen ili otežan pristup, pa tako i probabilističke metode uzorkovanja poput slučajnog uzorkovanja. Specifični cilj diplomskog rada je kvantifikacija razlike slučajnog uzorkovanja i uzorkovanja metodom snježne grude na kompleksnim mrežama. Istraživanje će se provoditi simulacijama uzorkovanja na računalno generiranim i, po mogućnosti, empiričkim kompleksnim mrežama. Razmotrit će se primjene stečenih spoznaja u sustavima od interesa za fiziku.

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

Mentor: dr. sc. Tonči Tadić

Institucija: IRB

Naslov teme: Širenje ionskog snopa u tankim metalnim folijama od interesa za ozračavanje fuzijskih materijala

Sadržaj teme:

Ozračavanjem fuzijskih materijala fuzijskim neutronima energije 14.1 MeV mijenjaju se njihova fizička i kemijska svojstva. Efekti u materijalu nastali pri ozračavanju fuzijskim neutronima mogu se simulirati istodobnim ozračavanjem fuzijskih materijala s dva snopa iona MeV-skih energija u tzv. dual-beam komorama. Od četiri takve komore u EU jedna se nalazi u Institutu Ruđer Bošković. Jednim snopom iona (teških iona) simulira se izbijanje atoma u materijalu iz kristalne rešetke pri udaru brzih neutrona, odnosno legure željeza ozračavaju se ionima željeza i sl. Drugim snopom iona (protona ili iona helija) simulira se nakupljanje vodika i/ili helija u materijalu kao produkata nuklearnih reakcija fuzijskih neutrona s jezgrama u materijalu. Budući da snop iona gubi energiju vrlo nejednoliko na svojoj putanji u materijalu, postičući maksimum na najvećoj dubini, na dual-beam komorama uobičajena je ugradnja tzv. ion beam degradera za svaki od snopova iona, radi postizanja što ravnomjernije raspodjele predaje energije iona u materijalu, od površine do krajnjeg dosega u materijalu. Ion beam degrader je jednostavan sustav za mehaničko mijenjanje energije ubrzanih iona korištenjem više tankih metalnih folija razne debljine. Međutim, prolaz ionskog snopa kroz različite metalne folije rezultira u različitom širenju snopa, što pak može uzrokovati vrlo različite dimenzije ionskog snopa na uzorku, odnosno vrlo različite gustoće iona po cm² na površini uzorka, tj. različite doze ozračavanja. Uz proračun kočenja i rasapa snopova iona u ovakvim sustavima, u sklopu izrade diplomskog rada biti će eksperimentalno testirane energijske i kutne raspodjele usporenih iona na folijama raznih debljina, radi provjere učinkovitosti koncepta ion beam degradera.

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

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 istraživanog 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: Povezivanje supravodiča s topološkim materijalima

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: 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: Transportna svojstva slitina visoke entropije

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Silvije Vdović

Institucija: IFS

Naslov teme: Primjena ultrabrze tranzijentne apsorpcijske spektroskopije u fotokemiji

Sadržaj teme:

U tipičnom postavu za tranzijentnu apsorpciju pomoću femtosekundnih laserskih pulseva na uzorak se šalju dva laserska pulsa, s točno definiranim međusobnim vremenskim razmakom. Prvi, pumpni, pobuđuje sustav, pokreće kemijsku reakciju odnosno foto-aktiviranu dinamiku molekule. Drugi, probni puls, ispituje trenutnu apsorpciju formiranog tranzijentnog stanja. Detaljnom analizom apsorpcijskih spektara za određeni vremenski interval moguće je raspoznati ultrabrznu dinamiku sustava. Eksperimentalni postav u Laboratoriju za femtosekundnu spektroskopiju Instituta za fiziku omogućava pobudu sustava ultrakratkim pulsevima u UV području valnih duljina gdje apsorbiraju i brojne biološki važne molekule. Kroz izradu diplomskog rada student bi se upoznao s detaljima metode te bi sudjelovao u mjerenjima fotofizičkih i fotokemijskih svojstava i dinamike različitih BODIPY-fenol kompleksnih molekulskih sistema. BODIPY je dobro poznata kromofora s odličnim fotofizičkim svojstvima zbog kojih se često koristi kao fluorofora u različitim sensorima. Konačni cilj projekta je potpuna slika dinamike reakcijskih procesa singletnog multipliciteta molekula s potencijalnom primjenom u fototerapiji bolesti raka i kao fotoaktivni markeri za razne makromolekule.

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

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Ispitivanje niskoenergetskih Ramanovih modova u dvodimenzionalnim materijalima

Sadržaj teme:

Dvodimenzionalni (2D) materijali predmet su istraživanja posljednjih petnaest godina zbog svojih izvanrednih elektroničkih, optičkih i termičkih svojstava. Jedinstvena struktura uslijed jakih kemijskih veza u ravnini i slaba van der Waalsova (vdW) interakcija između ravnina čine 2D materijale obećavajućim materijalima za nano-uređaje i razne druge primjene. Ramanova spektroskopija je moćna i nedestruktivna tehnika za proučavanje svojstava 2D materijala. Raman spektroskopijom mogu se karakterizirati strukturna svojstva 2D materijala, kao i detektiranje debljine sloja, struktura energetskih vrpca, deformacijski efekti, vrste dopiranja, koncentracije, elektron-fonon vezanje te interakcija između slojeva.

Grafen i drugi 2D materijali, poput dihalkogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs), heksagonalnog boron nitrida (h-BN) i dr. privlače pažnju i veliki interes istraživačke zajednice zbog svojih jedinstvenih fizikalnih svojstava. Njihovom kombinacijom mogu se graditi i složenije vertikalne slojevite strukture, tzv. van der Waalsove (vdW) heterostrukture. Van der Waalsove heterostrukture predstavljaju bogatu kolekciju materijala, posve novih fizikalnih svojstava. U okviru ovog diplomskog rada istraživala bi se interakcija vezanja slojeva u višeslojnim 2D materijalima i pripadnom heterostrukturama pomoću ispitivanja niskoenergetskih Raman modova.

Za izvođenje niskoenergetske Raman spektroskopije koristit će se postojeći eksperimentalni postav za Raman spektroskopiju baziran na konfokalnom mikroskopu kućne izvedbe, uz male modifikacije. S obzirom da su nisko-energetski Raman modovi pomaknuti od nekoliko inverznih centimetara (cm^{-1}) do nekoliko desetaka inverznih centimetara (cm^{-1}) od pobudne laserske energije, intenzitet elastično raspršenog laserskog svjetla mora biti još reduciran za nekoliko redova veličina. Stoga, umjesto standardnog niskofrekventno propusnog filtera koristiti će se set od četiri difrakcijske rešetke (volumne Braggove rešetke) koje služe kao optički filteri s izrazito uskim širinama linije. Nadograđenim Raman spektrometrom izmjerit će se niskofrekventni Raman spektri u 2D materijalima.

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Dolinski osjetljiva mjerenja u dihalkogenidima prijelaznih metala

Sadržaj teme:

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 poput postojanja direktnog energetskog procjepa u blizini vidljivog i infracrvenog dijela spektra, zbog čega mogu prilično efikasno apsorbirati i emitirati svjetlost. Dvodimenzionalni (2D) materijali iz porodice TMDs-a mogu se prikazati općenitom formulom MX_2 , pri čemu M predstavlja neki od prijelaznih metala (Mo, W, itd.), a X jedan od elemenata iz porodice halkogenida (S, Se, Te, itd.).

Zaštitni znak jednoslojnih (1L) TMDa je njihovo dolina-spin vezanje koju uzrokuju različiti heliciteti međuvrpanih optičkih prijelaza. Optička pobuda koristi kiralna selekcijska pravila uslijed jedinstvene simetrije 1L TMDa koja uzrokuju polarizaciju dolina te time ih čine obećavajućim nanosustavom za buduću primjenu u spintronici i dolinotronici. Naš eksperimentalni zadatak je nadogradnja postojećeg eksperimentalnog postava za dolinski selektivna polarizacijska mjerenja. Nakon nadogradnje eksperimentalnog postava, napraviti ćemo eksperiment dolinski selektivne pobude TMDs gdje će se koristiti kružno polarizirana rezonantna pobuda za ispitivanje dolinski-ovisnih međuvrpanih prijelaza.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izradi konfokalnog mikroskopa za dolinski osjetljivu pobudu, pri čemu bi usvojio/usvojila eksperimentalne vještine potrebne u radu s laserima, pasivnim i aktivnim optičkim elementima i optomehaničkim sustavima.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Igor Weber

Institucija: IRB

Naslov teme: Utjecaj oblika stanice na dinamiku proteina Rac1

Sadržaj teme:

Kretanje stanica ovisi o polimerizaciji aktina, a nju reguliraju signalni proteini poput malih GTPaza. Poznato je da je aktivnost tih proteina u eukariotskim stanicama strukturirana u prostorno-vremenske obrasce poput stajnih i putujućih valova koji služe kao predlošci za polarizaciju aktinskog citoskeleta u funkcionalne domene. Dinamiku signalnih molekula modelirali smo pomoću reakcijsko-difuzijskih jednadžbi u jednoj prostornoj dimenziji i ustanovili da je pojava obrazaca uzrokovana dinamičkim nestabilnostima proizašlim iz nelinearnih interakcija među proteinima, ali smo pritom zanemarili utjecaj promjenjivog oblika stanice na dinamiku sustava. U diplomskom radu će se stoga istražiti na koji način geometrija stanice utječe na formiranje obrazaca. Laserskom pretražnom konfokalnom mikroskopijom dobit će se podaci o dinamici fluorescentno obilježene sonde koja detektira aktivni oblik GTPaze Rac1 u stanicama Dictyostelium tijekom slobodnog kretanja. Na osnovi postojećeg modela, razvit će se numerička metoda za ispitivanje dinamike signalnih proteina u dvije dimenzije i istražiti na koji način oblik stanice utječe na pojavu obrazaca GTPaze Rac1.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Vinko Zlatić

Institucija: IRB

Naslov teme: Neuralne mreže i umjetni nosovi

Sadržaj teme:

Kako bi se uspješno odgovorilo na sadašnje medicinske probleme, potrebno je učiniti mnogo znanstvenog napora.

Jedna od obećavajućih paradigmi je povezivanje novih moćnih metoda za analizu podataka s vrhunskim tehnološkim hardwareom, specifično za analizu kompleksnih informacija o okolišu. Unutar tog pogleda na razvoj tehnologije, elektronski nosevi su pokazali mogućnost dešifriranja kompleksne endogene kemijske informacije (kao naprimjer analiza biomarkera u izdahu pacijenta za detekciju bolesti [1,2]) kao i analizu egzogene informacije iz okoliša. Ovo područje istraživanja je vrlo obećavajuće, a studije fokusirane na multiparametarske mikrosenzore s dinamičkom višedimenzionalnom analizom za kompleksno prepoznavanje uzoraka su sve proširenije.

Ovaj prijedlog se fokusira na interpretaciju konduktometrijskih poluvodičko- polimernih mikro senzorskih nizova koji su izloženi različitim kompleksnim okolišima kroz vrijeme mjerenja [3]. Cilj je analize iskoristiti vremensku ovisnost tranzijentnih struja kako bi se odredili dovoljni deskriptori kojima bi se različiti okoliši mogli prepoznati i klasificirati. Ovaj je sustav posebno interesantan jer dosadašnja istraživanja pokazuju da je moguće raspoznati vrlo različite koncentracijske profile složenih otopina [4]. Nasuprot uobičajenim vrlo preciznim sensorima za određivanje koncentracije specifičnog iona, ovdje je cilj da se uz bitno manju preciznost odrede koje vrste kationa postoje u otopini i ugrubo u kojoj koncentraciji.

Osnova okoliša koji se analizira su otopine s različitim vrstama biološki relevantnih iona u različitim koncentracijama. Koristeći specijalno razvijene mikrofluidičke uređaje mikro-senzorski čip će dinamički biti izložen otopinama s vremenski varijabilnim otopinama s različitim vrstama iona (od 3 - 10 vrsti iona u otopini). Analiza signala će biti provedena putem umjetnih neuralnih mreža. Nakon što se odrede deskriptori [4], kolege iz francuske će u suradnji s nama napraviti niz eksperimenata kako bi utvrdili koliko se precizno mogu klasificirati različite otopine i koliko se brzo one mogu mijenjati a da se iz procesiranih podataka još uvijek mogu raspoznati. Ključan zadatak studenta je da se poigra s nekoliko već poznatih arhitektura ANN razvijenih za prepoznavanje uzoraka, kako bi odredili koja pruža najbolje rezultate. Ukoliko bude vremena, student može pokušati i sam predložiti neke arhitekture, kako bi naučio kako se razvijaju i testiraju arhitekture ANN. Uspješna analiza bi mogla predstavljati vrlo relevantnu podlogu za prijedlog novog FP9 projekta za kreiranje umjetnih noseva.

Reference: [1] Serasanambati, M.; Broza, Y. Y.; Marmur, A.; Haick, H; "Profiling Single Cancer Cells with Volatolomics Approach", iScience, 11, 178-188, January 2019 [2] Broza, Y. Y.; Braverman, I.; Haick, H. "Breath volatolomics for diagnosing chronic rhinosinusitis", Int. J. Nanomedicine, 13, 4661-4670, August 2018 [3] Pecqueur, S.; Guérin, D.; Vuillaume, D.; Alibart, F. "Cation discrimination in organic electrochemical transistors by dual frequency sensing." Organic Electronics 57, 232-238, June 2018 [4] Pecqueur, S.; Vuillaume, D.; Crljen, Ž.; Lončarić, I; Zlatić, V.; "A Neural Network to Decipher Organic Electrochemical Transistors' Response for Cation Recognition", Manuscript in preparation

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Sjena odbojnog rutherfordskog raspršenja

Sadržaj teme:

Iako lako demonstrabilna - čak i bitna za područja poput niskoenergijske ionske spektroskopije - u literaturi se slabo (gotovo nikako) poznatom čini činjenica da odbojno Rutherfordovo raspršenje baca sjenu, tj. zasjenjuje dio prostora iza nabijene mete od nadolazećih nabijenih projektila. U diplomskome radu će se istražiti detaljna geometrija ove sjene te njena transformacija između različitih referentnih sustava, što će poslužiti i kao početna točka za izračun mnogih drugih geometrijskih karakteristika odbojnog Rutherfordovog raspršenja. Predviđeno je objavljivanje znanstvenoga članka u koautorstvu sa studentom.

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