

Prijedlozi tema za diplomske radove u 2020.

Mentor: dr. sc. Damir Aumiler

Institucija: IFS

Naslov teme: Istovremeno hlađenje dvije vrste atoma optičkim frekventnim češljem

Sadržaj teme:

Lasersko hlađenje i zarobljavanje atoma vrlo je aktivno područje istraživanja. U znanstvenim laboratorijima danas se rutinski pripremaju atomski plinovi temperature od svega desetak mikroK, koji se koriste za testiranja kvantnih svojstava materije, mjerenje osnovnih fizikalnih konstanti, u metrologiji, te kao početni korak za stvaranje Bose-Einsteinovog kondenzata. Pri laserskom hlađenju atoma tipično se koriste kontinuirani laseri. Tek je nedavno, u svega nekoliko grupa u svijetu, demonstrirano hlađenje atoma pomoću niza ultrakratkih laserskih pulseva, tzv. optičkog frekventnog češlja, a u jednom od tih eksperimenata, načinjenom u Laboratoriju za hladne atome Instituta za fiziku, demonstrirano je hlađenje atoma 87Rb koristeći jedan zub frekventnog češlja. Cilj diplomskog rada je pokazati istovremeno lasersko hlađenje dva izotopa rubidija (85Rb i 87Rb) koristeći optički frekventni češalj. U tu svrhu, razvit će se i karakterizirati magneto-optička stupica za atome 85Rb . Dobiveni oblak hladnih 85Rb atoma geometrijski će se preklopiti s postojećim oblakom 87Rb atoma te će taj sustav biti početna točka za hlađenje frekventnim češljem. Istraživat će se hlađenje atoma u 1D konfiguraciji laserskih zraka, a temperatura atomskog plina određivat će se fluorescentnim oslikavanjem neovisno za 85Rb i 87Rb atome. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će se znanja o fizici laserskog hlađenja i zarobljavanja, fizici hladnih atoma, fizici lasera, nizu spektroskopskih tehnika, kao i praktično znanje u radu s laserima, visokim vakuumom, elektroničkim uređajima, spektrometrima i programima za upravljanje eksperimentom te analizu i obradu podataka.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ticijana Ban

Institucija: IFS

Naslov teme: Mjerenje temperature hladnog atomskog plina apsorpcijskim oslikavanjem

Sadržaj teme:

Lasersko hlađenje i zarobljavanje atoma omogućuje stvaranje hladnih plinova atoma s temperaturama vrlo bliskim apsolutnoj nuli. Hladni atomi su danas jedna od najznačajnijih platformi kvantnih tehnologija s primjenama koje sežu od visoko-preciznih optičkih satova, do kvantnih memorija, kvantnih simulatora i senzora. Precizno poznavanje i kontrola parametara hladnih atomskih plinova od iznimne su važnosti za njihovu primjenu u temeljnim i primjenjenim istraživanjima. Jedan od ključnih parametara je temperatura hladnog atomskog plina koja se mjeri indirektno koristeći različite tehnike spektroskopskog oslikavanja. Cilj ovog diplomskog rada je razvoj i karakterizacija tehnike apsorpcijskog oslikavanja oblaka hladnih atoma rubidija, a u svrhu preciznog određivanja temperature atoma. U laboratoriju za hladne atome na Institutu za fiziku svakodnevno se priprema hladni plin atoma rubidija koristeći magneto-optičku stupicu (MOT). Temperatura atoma mjeri se fluorescentnim oslikavanjem. Na takav način izmjerena temperatura ovisi o nizu eksperimentalnih parametara, a netočnost tehnike ide i do 20%. U svrhu točnijeg određivanja temperature atoma, potrebno je uvesti komplementarnu tehniku koja se temelji na dvo-dimenzionalnom oslikavanju apsorpcije svjetlosti u oblaku hladnih atoma. Diplomski rad obuhvaća postavljanje eksperimentalnog postava za apsorpcijsko oslikavanje, karakterizaciju postava, mjerenje temperature atoma za različite parametre stupice te usporedbu rezultata dobivenih apsorpcijskom i fluorescentnom tehnikom. Tijekom izrade diplomskog rada usvojit će se znanja o fizici laserskog hlađenja i zarobljavanja, fizici hladnih atoma, fizici lasera, nizu spektroskopskih tehnika, kao i praktično znanje u radu s laserima, visokim vakuumom, elektroničkim uređajima, spektrometrima i programima za upravljanje eksperimentom te analizu i obradu podataka.

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)

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. 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. Sanjin Benić

Institucija: PMF

Naslov teme: Difrakcijska produkcija fotona u proton-proton i proton-jezgra sudarima na visokim energijama.

Sadržaj teme:

Difrakcijski procesi na visokim energijama su izuzetan alat za proučavanje kvarkovsko-gluonske strukture protona (i jezgri). Služe za stvaranje 3D slike mete, a na temelju transverzalnih distribucija kvarkova i gluona. Proučavaju se tzv. duplo-difrakcijski procesi u kojima i projektil i meta preživljavaju sudar. U tom slučaju se njihovo međudjelovanje opisuje isključivo izmjenom tzv. pomerona ili odderona - svojevrsnih gluonskih kompozita s kvantnim brojevima vakuuma. Rad bi se zasnivao na računanju udarnih presjeka za jednu takvu klasu procesa gdje su u konačnom stanju samo fotoni. Poseban naglasak je na razumijevanju generaliziranih partonskih distribucijskih funkcija koje ulaze u udarni presjek. Zbog toga što sami nemaju podstrukture, fotoni mogu pružiti precizan uvid u strukturu protona i jezgri na visokim energijama. Povijesno gledajući, difrakcija kao fizikalna pojava je prvo proučavana upravo za svjetlost, odnosno fotone.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović

Institucija: PMF

Naslov teme: Istraživanje temperatura taljenja i kristalnih struktura metala primjenom strojnog učenja

Sadržaj teme:

Strojno učenje se sve više koristi u fizici. Planirana je analiza materijala iz postojećih e-baza koje sadrže informacije o njihovim osobinama. Istražuju se korelacije tih osobina i formuliraju modeli. Koriste se metode nadziranog strojnog učenja, programski jezik Python te njegove biblioteke za numerički rad i strojno učenje.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Goranka Bilalbegović

Institucija: PMF

Naslov teme: Potraga za pulsarima primjenom strojnog učenja

Sadržaj teme:

Pulsari su zanimljivi astrofizički objekti. Otkrivanje pulsara u katalogima pregleda neba je zahtjevan posao i zbog toga je važno razvijati metode strojnog učenja. Uporabom podataka iz postojećeg kataloga kandidata treniraju se algoritmi nadziranog strojnog učenja. Koristi se programski jezik Python te njegove biblioteke za numerički rad i strojno učenje.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Ivančica Bogdanović Radović

Institucija: IRB

Naslov teme: Elementno i molekularno mapiranje forenzičkih materijala pomoću kombinacije MeV SIMS i PIXE metoda

Sadržaj teme:

Spektrometrija sekundarnih molekularnih iona pomoću iona MeVskih energija (MeV SIMS) u kombinaciji sa teškoionskom mikroprobom metoda je koja se koristi za identifikaciju i 2D mapiranje molekularnog sastava s mikronskom prostornom rezolucijom. Metoda je površinska jer se molekule emitiraju samo sa površine materijala. Za razliku od MeV SIMS metode, metoda PIXE (protonima inducirana emisija x-zračenja) daje 2D informaciju o elementnom sastavu uzorka ali s većih dubina. Kombinacijom ove dvije metode, jedne površinske i jedne dubinske, može se odrediti redosljed depozicije materijala na podlogu kao što su na primjer isprintani tekst, otisci prstiju ili potpisi što je važno kod forenzičkog ispitivanja sumnjivih dokumenata. U radu bi se testirao različit redosljed depozicije nekoliko materijala te uspješnost određivanja pravilnog redosljeda tim dvjema metodama.

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

Mentor: dr. sc. Damir Bosnar

Institucija: PMF

Naslov teme: Priprema i mjerenja s edukacijskim ToF PET sustavom i brzim digitalizatorima pulsa

Sadržaj teme:

Nuklearne metode imaju primjene i u drugim granama, a jedan od istaknutih primjera je Pozitronska emisijska tomografija (PET) u medicini. 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>) za edukaciju i istraživanje novih mogućnosti kod PET-a. 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. Moguća je izrada više diplomskih radova različite složenosti. Napraviti će se energijska kalibracija BaF2 detektora, odrediti vremenska rezolucija detektorskih parova, testna mjerenja različitih konfiguracija radioaktivnih izvora. U tu svrhu trebat će pripremiti dio detektorskog sustava, 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 na konstrukciji i ispitivanju detektora te analizu podataka, 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 i obrade signala u subatomske fizici.

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

Mentor: dr. sc. Damir Bosnar

Institucija: PMF

Naslov teme: Konstrukcija jednostavnog sustava za mjerenje magnetskog momenta miona iz kozmičkog zračenja

Sadržaj teme:

U diplomskom će se izgraditi jednostavan demonstracijski sustav za mjerenje vremena života i magnetskog momenta miona iz kozmičkog zračenja baziran na scintilacijskom detektoru. Kod raspada miona, koji je uzrokovan slabom interakcijom, imamo pojavu narušenja pariteta. Polarizirani kozmički mioni nastali iz raspada piona bit će zaustavljeni u ploči od metala koja će se staviti u poznato magnetsko polje. Spinovi zaustavljenih miona precesiraju u magnetskom polju što se odražava na angularnu distribuciju emitiranih pozitrona iz raspada pozitivnih miona i ona će biti mjerena kao funkcija vremena sa scintilacijskim detektorima. Magnetski moment miona će se izračunati iz opažene frekvencije precesije miona. Diplomski rad je eksperimentalne prirode i uključuje rad u laboratoriju, konstrukciju detektora, mjerenje i razvoj programskih paketa za analizu podataka baziranih na C++, a radom na ovom diplomskom može se dobiti uvid u suvremene detektore, elektroniku i obradu podataka u subatomske fizici.

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

Mentor: dr. sc. Damir Bosnar

Institucija: PMF

Naslov teme: Ispitivanje narušenja Paulijeva principa

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Tranzijentna spektroskopija manjinskih nosioca

Sadržaj teme:

Metode tranzijentne spektroskopije su neizostavne pri proučavanju električki aktivnih defekata u poluvodičima, zbog visoke osjetljivosti te visoke energijske razlučivosti. Za istraživanje defekata odnosno zamki za većinske nosioce naboja u poluvodičima najviše se koristi metoda tranzijentne spektroskopije dubokih nivoa (DLTS), a koja se temelji na mjerenju kapacitivnog odziva na naponske pulseve. Za istraživanje zamki za manjinske nosioce potrebno je modificirati DLTS tehniku, te mjeriti kapacitivni odziv na optičke pulseve. Cilj ovog diplomskog rada je istraživanje defekata u SiC metodom tranzijentne spektroskopije manjinskih nosioca (MCTS).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivana Capan

Institucija: IRB

Naslov teme: Kapacitivna tranzijentna spektroskopija za proučavanje defekata uvedenih ionskom implantacijom

Sadržaj teme:

Ionska implantacija je neizbježna tehnika koja se koristi u poluvodičkoj industriji. Uz pozitivan učinak, kao što je dopiranje poluvodiča, ionska implantacija uvodi i defekte u materijal. Ukoliko ti defekti spadaju u grupu električki aktivnih defekata, njihov utjecaj je značajan za rad elektroničkih komponenti, jer defekti utječu na npr struju curenja. Za proučavanje električki aktivnih defekata tj. zamki za većinske nosioce naboja koristi se metoda tranzijentna spektroskopija dubokih nivoa (DLTS), pri čemu se mjeri kapacitivni odziv na naponske pulseve. Cilj ovog diplomskog rada je istraživanje defekata odnosno zamki za većinske nosioce koji su uvedeni u materijal ionskom implantacijom. Korist će se poluvodič SiC, a uzorci su implantirani sa H, He, C i O ionima (različitim energija i doza).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Maro Cvitan

Institucija: PMF

Naslov teme: Geometrijska optika u zakrivljenom prostoru u nelinearnoj elektrodinamici

Sadržaj teme:

Proučiti aproksimaciju geometrijske optike u slučaju zakrivljenog prostora i nelinearne elektrodinamike (npr. Euler-Heisenberg lagranžijana) te opisati dvolom i dvometričnost koji se u tom slučaju javljaju. Literatura: Misner Thorne Wheeler, Gravitation, San Francisco: W. H. Freeman, (1973), poglavlje 22.5 Visser, Barcelo, Liberati, Inquiring the Universe. Frontier Group, Santa Barbara, 2003, pp. 397-429. [gr-qc/0204017] Fan et al., Eur. Phys. J. D 71 (2017) no.11, 308 [arXiv:1705.00495 [physics.ins-det]].

Smjerovi: prof. fizike

Mentor: dr. sc. Maro Cvitan

Institucija: PMF

Naslov teme: Kvantni aspekti crnih rupa

Sadržaj teme:

Moguća nekonzistentnost crnih rupa s kvantnom fizikom izražena je kroz tzv. problem informacije crnih rupa. Cilj rada je opisati problem i predložene načine rješavanja. Literatura: Susskind, Lindesay, An introduction to black holes, information and the string theory revolution: The holographic universe, Hackensack, USA: World Scientific (2005) 183 p S. Mathur, "The information paradox: A pedagogical introduction", Class. Quantum Grav., Vol. 26 No. 22 (2009) [arXiv:0909.1038 [hep-th]] Almheiri, Marolf, Polchinski, Sully, Journal of High Energy Physics. 2013 (2): 62. [arXiv:1207.3123] Polchinski, The Black Hole Information Problem, Proceedings TASI 2015, World Scientific, New Frontiers in Fields and Strings, pp. 353-397 (2017) [arXiv:1609.04036 [hep-th]]

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ida Delač

Institucija: IFS

Naslov teme: Defekti u 2D materijalima

Sadržaj teme:

Dvodimenzionalni (2D) materijali potekli su iz porodice slojevitih materijala izdvajanjem jedne atomske ravnine iz trodimenzionalnog kristala. U slojevitim materijalima veze između pojedinih slojeva su relativno slabe (van der Waalsove), dok su atomi unutar slojeva čvrsto vezani (tipično kovalentnim vezama). Iako postoji mnogo stabilnih slojevitih materijala, samo malobrojni ostaju stabilni kada ih se svede na jednu ravninu. Prvi uspješno izoliran takav materijal bio je grafen, dobiven izdvajanjem jedne atomske ravnine iz grafita, a danas ih je poznata nekolicina. 2D materijali smatraju se dobrom potencijalnom građom za buduće nosive, rastezljive, savitljive i prozirne elektroničke uređaje zbog svojih iznimnih elektronskih, optičkih i mehaničkih svojstava. Međutim, 2D kristali su izuzetno osjetljivi na defekte pa tako koncentracija defekata u materijalu kao i njihova vrsta može značajno utjecati na njegova svojstva. Zbog toga je za buduće potencijalne primjene nužno poznavati utjecaj defekata koji nastaju prilikom sinteze i manipulacije 2D materijala, kao i dugotrajnih izlaganja ambijentalnim uvjetima. U sklopu izrade diplomskog rada provest će se karakterizacija 2D materijala sintetiziranih kemijskom depozicijom para (eng. chemical vapour deposition - CVD). Proučit će se nastajanje novih defekata u materijalu prilikom transfera s podloge na kojoj je materijal sintetiziran na druge ravne metalne ili poluvodičke podloge kao i utjecaj izlaganja ambijentalnim uvjetima. Student/ica će provesti karakterizaciju koristeći prvenstveno tehnike mikroskopija s pretražnom probom: mikroskopiju atomskih sila (eng. atomic force microscopy - AFM) i pretražnu tunelirajuću mikroskopiju (eng. scanning tunneling microscopy - STM) a po mogućnosti ta će se mjerenja nadopuniti s komplementarnim tehnikama karakterizacije 2D materijala.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vito Despoja

Institucija: IFS

Naslov teme: Plazmon-polaritoni u dopiranom molibden-teluritu (MoTe_2)

Sadržaj teme:

Ovaj diplomski rad se sastoji od izračuna stabilne kristalne i elektronske vrpčaste strukture molibden-telurita (MoTe_2) upotrebom ab initio metode. Nakon izračuna stabilnog osnovnog stanja valentna vrpca MoTe_2 će se kemijski (atomima litija) ili elektrostatski (gate voltage) dopirati te će se istraživati inteziteti 2D plazmon-polaritona u ovisnosti o jakosti dopinga. 2D plazmon-polaritoni su neradijativni modovi koji su posljedica interakcije plazmona u 2D kristalu i slobodnih fotona.

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

Mentor: dr. sc. Vedran Đerek

Institucija: PMF

Naslov teme: Transport naboja u organskim elektrolitskim fotokondenzatorima

Sadržaj teme:

Učinkovita lokalizirana, bežična i fiziološki neškodljiva električna stimulacija neurona važna je za razvoj terapija za liječenje moždanih trauma, za stimulaciju autonomnog živčanog sustava i razvoj neuronskih proteza kao što su umjetne mrežnice ili umjetni udovi, kao i za potencijalnu primjenu za sučelje mozga i elektroničkog računala. Organski elektrolitski fotokondenzatori novi su opto-bioelektronički elementi kojima je demonstrirana učinkovita lokalizirana bežična neurostimulacija. Da bi se pokazala biološka kompatibilnost nužno je ustanoviti narav transporta naboja između fotokondenzatora i tkiva, koji može biti kapacitivan, faradejski ili istovremeno kapacitivan i faradejski. Faradejska stimulacija povezana je sa elektrokemijskim procesima na sučelju tkiva i fotokondenzatora. Ovi procesi mogu uzrokovati destrukciju poluvodičkog sloja ili elektroda fotokondenzatora, kao i razvoj slobodnih radikala u okolini elektroda, koje mogu prouzrokovati upalu i destrukciju okolnog tkiva. Faradejski procesi mogu biti poželjni kod primjena u anti-tumorskim terapijama gdje je destrukcija tkiva poželjna. Kapacitivno vezanje je biološki sigurnije, no količina prenešenog naboja ograničena je električnim kapacitetom sustava. U okviru diplomskog rada student će u laboratoriju izraditi i karakterizirati fotokondenzatore. Aktivni dio fotokondenzatora sastoji se od sekvencijalno naparenih slojeva p- i n-tipa organskih poluvodiča bezmetalnog ftalocijanina (H2PC) i perilentetrakarbonskog diimida (PTCDI) na podlogama od kositrom dopiranog indijevog oksida (ITO) ili tankog sloja zlata. Karakterizirati će se fotokondenzatori sa povratnim elektrodama izrađenim od različitih materijala, od kojih se očekuju različiti faradejski i kapacitivni doprinosi fotostruji. Mjerenjem vremenske ovisnosti fotoinduciranih struja u elektrolitu i prilagodbom na teorijski model ekvivalentnog kruga odrediti će se optimalni materijali i metode tretiranja površine za kapacitivnu ili faradejsku pobudu. Korištenjem metoda jednostavne mikrofabrikacije za geometrijsko oblikovanje tankog poluvodičkog sloja fotokondenzatora i povratne elektrode proučavat će se učinci geometrije elektroda na ukupni kapacitet sustava, i usporediti sa rezultatima numeričkih modela izrađenima u COMSOL Multiphysics paketu.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Fabio Franchini

Institucija: IRB

Naslov teme: Frustrating dynamics

Sadržaj teme:

The past century has taught us a great deal on the equilibrium of strongly correlated systems, that is, systems whose properties differ significantly from those of their elementary constituents, due to interactions. In the new century, guided by experimental breakthroughs, the community has moved toward understanding different types of non-equilibrium behaviors. In this work, the student will solve and study the dynamics of frustrated quantum spin chains, that is, one-dimensional systems which, already at equilibrium, show different properties due to a global constraint which is not present without frustration. The student will learn how these systems are solved through analytical techniques and use these solutions to follow their evolution numerically.

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

Mentor: dr. sc. Fabio Franchini

Institucija: IRB

Naslov teme: Confinement without potential

Sadržaj teme:

An electron circling a magnetic flux acquires a phase, which is topological in nature and has no classical counterpart. If several magnetic fluxes surround a certain region of space containing one electron, the phase requirement for the electron to travel across the fluxes will increase its energy, effectively trapping a low energy electron in a region of space, even in absence of a classical potential, giving thus rise to a pure quantum, topological trapping, which can be simulated with a mixture of analytical and numerical work. Alternatively, the student can study a different type of confinement, due to a spontaneous breaking of rotational symmetry in a random matrix system. In this case, the student will study the metropolis evolution of a large matrix under a statistical weight that tends to concentrate the matrix eigenvalues around two different given values, to show that the eigenvectors of the matrix span two spaces that do not mix under the evolution.

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

Mentor: dr. sc. Andreja Gajović

Institucija: IRB

Naslov teme: Nanostrukture metalnih oksida, funkcionalizacija i strukturna karakterizacija

Sadržaj teme:

Nanostrukture metalnih oksida (nanočestice, nanocjevčice, nanoštapići i sl.) predstavljaju jedinstvenu kombinaciju strukturnih, fizičkih i kemijskih svojstava. Velika specifična površina, poluvodička svojstva u kombinaciji s funkcionalizacijom površine, interkaliranjem i/ili ionskom izmjenom daju im svojstva koja su pogodna za različite primjene (npr. fotokataliza, sensorika i sl.) U diplomskom radu će se površina nanostrukturiranih metalnih oksida (kao što su TiO₂, ZnO, BaTiO₂) i njihovih kompozita (pripremljenih kao tanak filmovi u okviru postojećih projekata), modificirati jednostavnim kemijskim i fizikalnim metodama. Modificirat će se površina nanošenjem nanočestica metala jednostavnom metodom foto-redukcije ili fizikalnim metodama kao što je tretiranje u radiofrekventnoj plazmi ili grijanjem u redukcionskoj atmosferi. Modifikacija će se izvoditi s ciljem utjecaja na funkcionalna svojstva u primjenama za fotokatalizu ili za senzore plinova kao što su CO ili CO₂ (što će se naknadno testirati). U diplomskom radu će se za istraživanje strukture tankog sloja primjenjivati Ramanova spektroskopija u mikro-Raman konfiguraciji, a za određivanje morfoloških svojstava pretražna elektronska mikroskopija (SEM), dok će se optička svojstva (važna za primjenu u fotokatalizi) istražiti UV-Vis spektroskopijom. Istražit će se utjecaj parametara i metoda modifikacije na strukturu, morfologiju i optička svojstva pripremljenih nanostrukture. Diplomand će se upoznati s eksperimentalnim osnovama i teorijskom podlogom Ramanove spektroskopije, elektronske mikroskopije i UV-Vis spektroskopije, a analizu dobivenih podataka će izvoditi uz primjenu različitih specifičnih programskih paketa. Tijekom rada će se diplomand također upoznati s osnovama primjene nanostrukturiranih metalnih oksida i kompozita za fotokatalitičke i senzorske primjene. Uvod u problematiku će se dobiti proučavanjem dostupne literature, a rezultati diplomskog rada će se ukopiti i kombinirati s rezultatima postojećih projekata te će, po mogućnosti, postati dio znanstvene publikacije.

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

Mentor: dr. sc. Igor Gašparić

Institucija: IRB

Naslov teme: Proučavanje nuklearne jednadžbe stanja u sudarima izotopa kositra

Sadržaj teme:

Nuklearna jednadžba stanja fundamentalno je svojstvo nuklearne tvari koje opisuje vezu između energije, tlaka, temperature, gustoće i izospinske asimetrije sustava nukleona. Član jednadžbe koji ovisi o izospinskoj asimetriji naziva se energija simetrije i njegovo poznavanje povezano je s razumijevanjem raznih pojava u jezgrama bogatim neutronima kao što su izovektorske kolektivne vibracije i neutronska koža. Osim toga, u opisivanju astrofizičkih fenomena i objekata poput neutronskih zvijezda i eksplozija supernova neophodno je poznavanje energije simetrije, ali pri gustoćama nukleona koje mogu biti 2-3 puta veće od onih u atomskim jezgrama. U laboratoriju se takve gustoće mogu postići nakratko u centralnim sudarima teških iona s energijama snopa od nekoliko stotina megaelektronvolti po nukleonu. Raspodjele čestica koje izlaze iz takvih sudara daju nam informacije o jednadžbi stanja nuklearne tvari. Usporedbe observabli izospinskih dubleta kao što su proton/neutron, triton/ ^3He te pozitivni i negativni pion osobito su korisne u proučavanju energije simetrije. Nekoliko mjerenja teškoionskih sudara različitih izotopa kositra od neutronske siromašnih (^{108}Sn , ^{112}Sn) do neutronske bogatih (^{124}Sn , ^{132}Sn) napravljeno je na akceleratorском postrojenju na RIKEN-u u Japanu. Neutronske detektor NeuLAND korišten je zajedno s VETO detektorom za detekciju neutrona i izotopa vodika i helija. Tema ovog diplomskog rada obuhvaća razvoj i primjenu metode identifikacije raznih čestica (osobito p/n i t/ ^3He) uz pomoć simulacija odziva detektora GEANT. Dobivene observable poput raspodjele multipliciteta različitih čestica i njihovih spektara važne su za usporedbu s modelima teškoionskih sudara i dobivanje parametara energije simetrije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo

Institucija: IRB

Naslov teme: Towards quantum glasses: Disorder in topological frustrated quantum systems

Sadržaj teme:

Classical and Quantum complex systems were analyzed in the framework of Landau theory in which order parameters are believed not to depend on boundary conditions. However, when one introduces in the system the topological frustration, the Landau theory cannot explain the different boundary dependent phases that characterize the systems also in the thermodynamic limit. This result is of huge relevance taking into account that the frustration is one of the two fundamental ingredients of the glassy systems. In this work the student will make the first steps towards the quantum spin glass, analyzing systems with site dependent interactions. She/he will study both classical quantities, as the order parameter, as well as quantum ones, as the analysis of the different entanglement measures to determine the onset of glassy behaviors.

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

Mentor: dr. sc. Salvatore Marco Giampaolo

Institucija: IRB

Naslov teme: Statistical behavior of concurrence in the dynamics of systems of interacting particles

Sadržaj teme:

Entanglement is usually quantified by entropic measurements, but its properties are much more complex than what can be expressed with a single number. This fact plays a key role in the dynamics of complex systems that may present three distinct dynamical phases, known as thermalization, Anderson localization, and many-body localization. It was shown that such phases are marked by different patterns of the spectrum of the reduced density matrix. While the entanglement spectrum displays Poisson statistics in case of Anderson localization, it shows Wigner-Dyson statistics for both many-body localization and thermalization, albeit the distribution is asymptotically reached within different time scales. In this work the student will analyze the hypothesis that this type of trend has a correspondence also for other measures of entanglement, using a setup inspired either by condensed matter physics or by high energy physics, focusing on interacting particles.

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

Mentor: dr. sc. Ilja Gogić

Institucija: PMF

Naslov teme: C^* -algebarski formalizam kvantne mehanike

Sadržaj teme:

Teorija C^* -algebri je široko i aktivno područje istraživanja u funkcionalnoj analizi. S druge strane, njihovi začeci, koji su nastali u radovima Gelfanda, Naimarka i Segala 1943. godine, čvrsto su povezani s kvantnom mehanikom. Prilikom rada na reprezentacijama operatorskih algebri, teorija koju je načeo von Neumann, ta se povezanost prirodno nametnula. U ovom radu izložiti ćemo teoriju kvantne mehanike u jeziku C^* -algebri u modernom obliku, ispitati što nam ovakav pristup može reći o odnosu klasične i kvantne mehanike te raspraviti moguće primjene i kritike formalizma.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vjeran Gomzi

Institucija: FER

Naslov teme: Hidridi prijelaznih metala u vodikovoj ekonomiji i katalizi

Sadržaj teme:

Ideja: Hidridi prijelaznih metala jedna su od klasa spojeva koji su kandidati za pohranu vodika. Takvi materijali su interesantni pri procjeni mogućnosti prelaska na vodikovu ekonomiju zbog sigurnosti pohrane i transporta vodika kao energijskog materijala. Pri tome su ključna svojstva potencijalnih materijala povezana s načinom i energijskom ravnotežom vezanja i otpuštanja vodika. To je sve pak povezano s detaljima nastanka i pucanja veze kompleks-hidrid.

Posebna su klasa spojeva prijelaznih metala oni spojevi koji istovremeno imaju mogućnost stvaranja i hidrida i vezanja molekule vodika (H₂) [1,2]. Jedan od takvih spojeva, njegova posebna svojstva i detalji vezanja bili bi predmet teorijskog istraživanja upotrebom računa funkcionala gustoće (DFT). Takvim bi se računima, na predmetnoj strukturi, proučila orbitalna slika veze i objasnile energijsko-strukturne posljedice.

Diplomski rad bi se sastojao od: - Općenitijeg pregleda potencijalno interesantnih materijala za primjenu u vodikovoj ekonomiji, s posebnim naglaskom na prijelazne metale sa sposobnošću tvorbe hidrida. - Provođenja više ab-initio i DFT računa za odabrani sustav. - Analize računa u okviru molekularno-atomske teorije vezanja. - Izvođenja zaključaka i usporedbe s poznatim (literatura) i/li očekivanim svojstvima.

Mane: Relativno puno teorijskog (knjiškog) posla. Mogućnost publiciranja rada je neizvjesna.

Prednosti: Relativno sigurno ostvarivanje rezultata, bez prevelike mogućnosti da se nešto zakomplicira. Ovisno o dobivenim rezultatima, možda je moguć neki jednostavniji rad.

[1] Kubas, Gregory J. (2001-08-31). Metal Dihydrogen and σ -Bond Complexes: Structure, Theory, and Reactivity (1 ed.). Springer. ISBN 0-306-46465-9. [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Dihydrogen_complex

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

Mentor: dr. sc. Mihael Srđan Grbić

Institucija: PMF

Naslov teme: Izrada sustava za 3D kontrolu magnetskog polja u Helmholtzovoj konfiguraciji

Sadržaj teme:

Pri istraživanju inovativnih materijala tehnikom nuklearne magnetske rezonancije (NMR) i nuklearne kvadrupolne rezonancije (NQR) jedno od ključnih saznanja je određivanje lokalne simetrije određene kristalografske pozicije. Ono se može odrediti perturbirajući NQR signal malim magnetskim poljem (~100 mT) i njegovom rotacijom u odnosu na lokalna električna polja. Obično se to radi rotacijom uzorka u fiksnom magnetskom polju supravodljivog magneta, no to nije moguće ako se mjerenje želi napraviti koristeći NQR kriostat gdje magnet nije prisutan. Cilj rada je dizajnirati i razviti sustav od tri para identičnih zavojnica u Helmholtzovoj konfiguraciji koje će omogućiti računalnu 3D kontrolu vektora magnetskog polja u središtu postava.

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

Mentor: dr. sc. Mihael Srđan 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 materijala (poput nekonvencionlane supravodljivosti) ili pak zbog heterostruktura koje pokazuju zanimljive fenomene (dvodimenzionalno 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, prof. fizike i kemije

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 a 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 HPC 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 (Elettra, Trst). 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), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Luca Grisanti

Institucija: IRB

Naslov teme: Excited states in molecular crystals

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 of investigated materials, also at experimental level, 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 functional molecular materials, featuring also polar groups and charge transfer excitations. 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 optionally revising concepts of molecular excitons and its standard modelization (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) and how these turn different from Wannier excitons in inorganic semiconductors. As further step 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, cp2k). 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 HPC cluster.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Mirta Herak

Institucija: IFS

Naslov teme: Mjerenje magnetske anizotropije magnetoelektrika u magnetskom i električnom polju

Sadržaj teme:

Magnetoelektrično vezanje između magnetskih i električnih dipola u nekom materijalu omogućava nam da magnetskim poljem utječemo na električne dipole, i obrnuto, električnim poljem na magnetske dipole. Magnetoelektrici su materijali u kojima postoji takvo vezanje te su stoga iznimno zanimljivi kao funkcionalni materijali s potencijalnom primjenom u novim elektroničkim uređajima.

Cilj ovog diplomskog rada je proučavanje magnetske anizotropije odabranog magnetoelektrika mjerenjima magnetskog momenta sile u primijenjenom magnetskom i električnom polju. Mjerenje magnetskog momenta sile predstavlja jednu od najosjetljivijih eksperimentalnih tehnika za proučavanje makroskopske magnetske anizotropije. Mjerni postav na kojem će student izraditi diplomski rad je jedinstven u svijetu zbog mogućnosti stavljanja uzorka simultano u magnetsko i električno polje. Ovom tehnikom je moguće detektirati promjenu iznosa, ali i smjera magnetskih dipola te rekonstruirati reorientacije magnetskih dipola do kojih može doći primjenom magnetskog i/ili električnog polja.

Student će pri izradi diplomskog rada sudjelovati u mjerenjima magnetskog momenta sile, kao i u interpretaciji izmjerenih rezultata. Mjerenja na odabranom magnetoelektriku će se vršiti u širokom temperaturnom rasponu (od 2K do 300K). Pri tome će student steći određeno iskustvo u radu s kriogenim tekućinama (tekućim dušikom i helijem), kao i s mjernom opremom te se ujedno upoznati s temom magnetoelektrika koja je trenutno u fokusu istraživanja u fizici i kemiji materijala. Znanje i iskustvo stečeno pri izradi ovog diplomskog rada predstavljat će dobru podlogu studentima koji svoje obrazovanje žele nastaviti u području eksperimentalne fizike čvrstog stanja.

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

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Određivanje stupnjeva slobode pomoću dubokog učenja

Sadržaj teme:

Kako duboke neuronske mreže izvlače bitne značajke nije uvijek jasno, ali vjeruje se da se izvlačenje značajki odvija hijerarhijski. Takvo ponašanje podsjeća na koncept renormalizacijske grupe u statističkoj fizici. U radu će se istražiti povezanost navedenih koncepata na pogodnim fizikalnim modelima.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Davor Horvatić

Institucija: PMF

Naslov teme: Numeričke metode za rješavanje Navier-Stokesove jednadžbe

Sadržaj teme:

Cilj ovog diplomskog rada je razrada i primjena tri numeričke metode za rješavanje Navier-Stokesove jednadžbe. Plan je metode primjeniti na industrijski problem, rashladni sustav električnog vozila s ciljem optimizacije vozačkih karakteristika. Simulacije se izvode koristeći C++ softverski paket OpenFOAM te će biti vizualno analizirane pomoću programa ParaView.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tomislav Ivek

Institucija: IFS

Naslov teme: Karakterizacija električnih uređenja pomoću Sawyer-Tower mosta

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 za 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. Standardna metoda prikladna za tu namjenu jest tzv. Sawyer-Tower most. Potpis feroelektričnog uređenja utvrđuje se postojanjem histerezne petlje električne polarizacije u električnom polju [1]. Međutim, mnogi materijali pokazuju naizgled histeretično ponašanje iako nisu feroelektrici, pa s time na umu treba biti oprezan u interpretaciji mjerenja [2].

Svrha ovog diplomskog rada jest karakterizacija električne polarizacije odabranog potencijalnog feroelektrika pomoću Sawyer-Tower mosta, sistematski prikaz intrinzičnih i ekstrinzičnih doprinosa mjerenim vrijednostima, te utvrđivanje razlike između feroelektričnih i drugih fenomena.

[1] Stewart M., Cain M.G., Weaver P. (2014) Electrical Measurement of Ferroelectric Properties. In: Cain M. (eds) Characterisation of Ferroelectric Bulk Materials and Thin Films. Springer Series in Measurement Science and Technology, vol 2. Springer, Dordrecht

[2] J F Scott 2008 J. Phys.: Condens. Matter 20 021001

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

Mentor: dr. sc. Tomislav Ivek

Institucija: IFS

Naslov teme: Transportna svojstva potencijalno magnetoelektričnog heksaferita

Sadržaj teme:

Heksagonalni feriti formule AB₂O₁₉ (heksaferiti) su intrigantni magnetski materijali sa širokom primjenom u magnetskim memorijama i elektronskim uređajima na GHz frekvencijama. [1] Osnovno stanje roditeljskog spoja BaFe₂O₁₉ je ferimagnetsko s naznakama potisnute feroelektrične faze. [2] Kemijska supstitucija atoma barija npr. olovom stabilizira feroelektričnu fazu što otvara pitanja o mogućem tzv. magnetoelektričnom efektu, vezanom uređenju naboja i spina. [3]

U ovom diplomskom radu proučavat će se svojstva električnog transporta biranog monokristalnog uzorka iz obitelji heksaferita s namjerom da se karakterizira transportni energetski procjep i mogući fazni prijelazi. Student će se služiti eksperimentalnim postavom za mjerenje visokih impedancija s mogućnošću primjene magnetskog polja te vakuumskom i kriogenom opremom za mjerenja na niskim temperaturama.

[1] Pullar, C. Hexagonal ferrites: A review of the synthesis, properties and applications of hexaferrite ceramics. *Progress in material Science*, 57(7) 1191-1334 (2012) [2] Rowley, S. E. et al. Uniaxial ferroelectric quantum criticality in multiferroic hexaferrites BaFe₂O₁₉ and SrFe₂O₁₉. *Sci. Rep.* 6, 25724; doi: 10.1038/srep25724 (2016). [3] Prathap, S.; Wuppuluri, M. (2017). Multiferroic Properties of Microwave Sintered PbFe₂-xO₁₉-δ. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 430. 10.1016/j.jmmm.2016.12.116.

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: Detekcija nabijenih čestica sustavom pin dioda

Sadržaj teme:

Nove generacije sustava silicijskih detektora u nuklearnoj fizici i fizici visokih energija sve se više baziraju na elementima koji se mogu proizvesti tehnologijama masovne proizvodnje silicijske elektronike. Tako se i PIN fotodiode sve više koriste kao detektori nabijenih čestica u raznim spektroskopskim sustavima (npr. masena spektroskopija). U sklopu ovog diplomskog rada, konstruirat će se sustav od više PIN dioda sa ciljem povećanja prostornog kuta za detekciju produkata raspršenja iona (He, Li, C) na tankim transmisijskim metama. Nakon provedenih simulacija i odabira najpovoljnije geometrije sustava pin dioda, izvršit će se konstrukcija detektorskog sustava te provesti ispitivanja njegovih glavnih karakteristika. Poseban cilj primjene ovog sustava biti će mogućnost detekcije raspršenja na tehnološki interesantnim materijalima kao što su vrlo tanke mete monoslojnih materijala (npr. grafen, MoS₂ i slično).

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

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Stope stapanja galaksija

Sadržaj teme:

Jedan od načina na koji galaksije povećavaju svoju masu je procesom stapanja. Uz dodavanje zvjezdane mase i promjene zvjezdanog sastava, većoj galaksiji koja prolazi kroz proces stapanja će se povećati i razina nastanka zvijezda. Također može doći i do promjene morfologije. Najlakši način za određivanje stopa stapanja je pomoću poluanalitičkih modela nastanka galaksija koje se koriste u simulacijama. Cilj ovog rada je istražiti stope stapanja galaksija na temelju modela GALFORM primijenjenog na simulaciju Planck-Millennium. Dobiveni rezultati također će se usporediti s opažanjima.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vibor Jelić

Institucija: IRB

Naslov teme: Korelacija između kinetičkog Sunyaev-Zel'dovich efekta i kozmološkog 21cm signala neutralnog vodika

Sadržaj teme:

Kinetički Sunyaev-Zel'dovich (kSZ) efekt nastaje raspršenjem fotona mikrovalnog pozadinskog zračenja svemira na slobodnim elektronima. Uslijed raspršenja stvara se sekundarna anizotropija u promatranom mikrovalnom pozadinskom zračenju svemira. Cilj ovog rada je istražiti kSZ efekt koji se povezuje s raspršenjem fotona na slobodnim elektronima nastalim za vrijeme reionizacije svemira. Također će analizirati korelacije između kSZ signala i kozmološkog 21cm signala koji omogućuje direktno mapiranje neutralnog vodika kroz epohu reionizacije. U radu će se koristiti semi-analitička simulacija 21cmFAST.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Larisa Jonke

Institucija: IRB

Naslov teme: Fizika u infracrvenom području energija

Sadržaj teme:

Nedavna teorijska istraživanja otkrila su neočekivano bogatu strukturu fizike u infracrvenom području energija. Uvidjelo se da je dinamika bezmasenih čestica u infracrvenom području bitno određena s relacijama ekvivalentnosti koje povezuju asimptotske simetrije, memorijski učinak i teoreme koji opisuju amplitude raspršenja bezmasenih čestica u limesu kad njihova energija teži k nuli (soft theorems). Postojanje tih „trokutnih“ relacija ekvivalentnosti potvrđeno je i u baždarnim teorijama i u teoriji gravitacije. Student će u dogovoru s mentorom pobliže istražiti jednu od tih teorija u infracrvenom području. (A. Strominger, Lectures on the Infrared Structure of Gravity and Gauge Theory, arxiv:1703.05448)

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Krunoslav Juraić

Institucija: IRB

Naslov teme: Strujno-naponska karakterizacija solarnih ćelija

Sadržaj teme:

Solarne ćelije kao jedan od obnovljivih izvora energije posljednjih desetljeća privlače sve veću pozornost. Kao aktivni materijal za direktnu pretvorbu energije sunca u električnu energiju najprije je korišten kristalni i polikristalni silicij (prva generacija solarnih ćelija). Nakon toga daljnji razvoj je išao u smjeru snižavanja troškova proizvodnje upotrebom tankih filmova kao što je npr. amorfni silicij (druga generacija solarnih ćelija). Treća generacija solarnih ćelija obuhvaća dvostruke solarne ćelije kao i upotrebu novih materijala: organske boje, perovskiti, polimeri, kvantne točke. Kvaliteta solarnih ćelija testira se mjerenjem strujno naponske karakteristike tijekom osvjetljavanja. Za osvjetljavanje se koriste izvori svjetla tzv. solarni simulatori koji daju spektar blizak spektru sunca. Tako se dobivaju podaci o naponu otvorenog kruga, struji kratkog spoja, maksimalnoj snazi, efikasnosti i fill faktoru. Pored toga mjerenjem kvantne efikasnosti dobivaju se podaci o ovisnosti efikasnosti solarne ćelije o valnoj duljini svjetla. U okviru diplomskog rada diplomand će se upoznati sa osnovnom strukturom i principom rada solarne ćelije. Također će se upoznati s radnom uređaja za mjerenje IV karakteristike i kvantne efikasnosti solarnih ćelija. Za niz različitih solarnih ćelija bit će izmjerene strujno naponske karakteristike i kvantna efikasnost. Dobiveni rezultati bit će razmotreni u okviru jednostavnih teorijskih modela.

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

Mentor: dr. sc. Krunoslav Juraić

Institucija: IRB

Naslov teme: Strukturna i optička svojstva tankih filmova titanijevog dioksida pripremljenih metodom reaktivnog magnetronskog rasprašenja

Sadržaj teme:

Titanijev dioksid (TiO_2) zbog dobrih optičkih i električnih svojstava imaju široku primjenu u senzorima, fotokatalizi, proizvodnji vodika, kao samočisteće površine, u medicini kao antibakterijski materijal, te za fotonaponsku konverziju. U novoj generaciji solarnih ćelija baziranih na organskim bojama i perovskitima mezoporozni sloj TiO_2 velike specifične površine koristi se kao nosač aktivnog materijala. U prirodi se pojavljuje u tri oblika: anatas, rutil i brukit. Najznačajniju primjenu ima anatas. Za pripremu tankih filmova TiO_2 koriste se kemijske i fizikalne metode kao npr. sol-gel, spin coating, termalna oksidacija, pulsna laserska depozicija, magnetronsko rasprašenje. Metodom radiofrekventnog magnetronskog rasprašenja uz korištenje TiO_2 mete i argona kao radnog plina mogu se pripremiti slojevi TiO_2 vrlo visoke kvalitete. U diplomskom radu tanki filmovi TiO_2 bit će pripremljeni metodom reaktivnog magnetronskog rasprašenja gdje se umjesto TiO_2 mete koristi meta čistog titana, a kao radni plin smjesa argona i kisika. Parametri depozicije (omjer udjela argona i kisika u smjesi radnog plina, tlaka radnog plina, snage izboja, temperature podloge) bit će varirani kako bi se dobili TiO_2 slojevi različitih strukturnih i optičkih svojstava. Strukturna svojstva pripremljenih TiO_2 slojeva bit će analizirana Ramanovom spektroskopijom, rendgenskom difrakcijom te skenirajućom elektronskom mikroskopijom dok će optička svojstva biti analizirana UV-VIS spektroskopijom. Strukturna i optička svojstva bit će korelirana sa parametrima depozicije.

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

Mentor: dr. sc. Tajron Jurić

Institucija: IRB

Naslov teme: Feynmanovi integrali po putevima

Sadržaj teme:

Feynmanova formulacija kvantne mehanike pomoću integrala po putevima jest svojevrsna generalizacija principa djelovanja u klasičnoj fizici. U ovoj formulaciji sve fizikalne veličine su opisane klasičnim "riječnikom" tako da se kvantna amplituda računa pomoću funkcionalnog integrala preko svih mogućih klasičnih trajektorija. Ova formulacija se pokazuje kao vrlo moćna u teoriji faznih prijelaza, kvantnoj teoriji polja i pogotovo prilikom kvantizacije baždarnih teorija i gravitacije. U ovom diplomskom radu ideja je da se detaljno obradi formulacija kvantne mehanike i po mogućnosti kvantne teorije polja koristeći integrale po putevima te da se pokaže ekvivalentnost s valnom mehanikom i kanonskom kvantizacijom. Ovisno o interesu studenta dodatno se mogu obrađivati teme iz matematičke fizike (definicija i rigidoznost integrala po putevima), kvantne fizike (konkretni problemi), teorije polja (računi amplituda, kvantizacija s ograničenjima) itd.

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

Mentor: dr. sc. Tajron Jurić

Institucija: IRB

Naslov teme: Singulariteti, kvantna kompletnost i kvantni prostori

Sadržaj teme:

Intuitivno, singularitet prostorvremena jest "mjesto" gdje zakrivljenost "eksplodira" ili nailazimo na druge tipove "patološkog ponašanja" u metrici. Upravo ova nezadovoljavajuća definicija proizlazi iz nemogućnosti da riječi pod znakom navodnika bolje definiramo. Naime, u svim teorijama, osim opće teorije relativnosti, prostor, to jest mnogostrukost je unaprijed zadana, kao pozornica, na kojoj su pojmovi mjesto i vrijeme dobro definirani. Međutim, ako uvedemo gravitaciju u igru, više ne možemo tako lako reći "gdje je" niti što je singularitet. 70-tih godina tom problemu su doskočili Hawking i Penrose kada su formulirali svoje famozne teoreme o singularitetima pomoću tzv. geodetske kompletnosti. Ovi teoremi dobro klasificiraju fizikalne mnogostrukosti, međutim malo govore o samoj prirodi singulariteta i dali su oni uopće dinamički opazivi. Glavni problem se krije u dvostrukoj klasičnosti: opća teorija je klasična i teoremi počivaju na pojmu geodezici koji su vezani za klasičnu točkastu česticu. Korištenjem kvantne probe može se pokazati da mnogi singulariteti u Hawking-Penrose smislu prestaju postojati, tj. da su na neki način "razmazani" i to vodi do definiranja tzv. kvantne kompletnosti. Naposljetku moguće je istraživati i učinke kvantne gravitacije pomoću formalizma nekomutativne geometrije i kvantnih prostora.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Tajron Jurić

Institucija: IRB

Naslov teme: Hermitska proširenja u kvantnoj fizici

Sadržaj teme:

Kvantizacija fizikalnih sustava zahtjeva matematički ispravnu i rigoroznu definiciju kvantno-mehaničkih opservabli, kao npr. hamiltonijana, kao hermitskih operatora u odgovarajućem Hilbertovom prostoru s odgovarajućom spektralnom analizom. Uobičajeni pristupi kvantizaciji, obično predstavljeni na dodiplomskom studiju, često su vrlo "naivni" i temelje se na rezultatima iz konačno-dimenzionalnih prostora što često može dovesti do određenih neželjenih paradoksa (npr. za operator impulsa na konačnom intervalu) ili do anomalija (kada klasična simetrija je slomljena u procesu kvantizacije). Da bi se izbjegli ili barem suštinski shvatili ovi paradoksi, potrebno je detaljnije analizirati hermitske operatore i njihovu spektralnu dekompoziciju u beskonačno-dimenzionalnom Hilbertovom prostoru. U beskonačno-dimenzionalnom prostoru, hermitičnost postaje kompliciranije svojstvo nego u konačno-dimenzionalnom slučaju. Naime, potrebno je paziti i na domene operatora. Uzevši to u obzir, pokazuje se da hermitičnost operatora i njihova spektralna analiza izrazito ovisi o tome dali je operator ograničen ili neograničen. Može se pokazati da u kvantnoj mehanici uvijek imamo posla s barem jednim neograničenim operatorom (ili položaj ili impuls), tako da je potrebno detaljnije proučiti njihovu hermitičnost, te upoznati se sa točnim kriterijima, tzv. von Neumannovim uvjetima, o tome kada je operator hermitski i ima realan spektar, kada nije, a kada možemo "popraviti" situaciju koristeći teoriju o hermitskim proširenjima. Sve ovo moguće je obraditi na dobro poznatim primjerima iz kvantne mehanike dodiplomskog studija.

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: Korištenje zabavnih elemenata popularne kulture za jaču popularizaciju znanosti

Sadržaj teme:

Predmet diplomskog rada su razna nastojanja (te razmatranje njihove uspješnosti) da se (1.) razni elementi popularne kulture iskoriste za povećanje interesa za znanost, a osobito za fiziku, te (2.) da se potom taj povećani interes iskoristi za objašnjenja koja nadilaze popularizacijsku razinu, pa i razinu srednjoškolske nastave. Tu su zanimljivi sve češći slučajevi da globalne uspješnice/"hitovi" postaju crtane i igrane TV serije, poput "Simpsona", "Futurama", "Ricka i Mortya", te "Teorije velikog praska", koji su popularni i kod nas. Njihovi su autori vrlo često osobe s obrazovanjem iz područja znanosti i tehnologije. Zato se dosjetke koje su izvor popularnosti tih serija, često referiraju na znanstvene činjenice ili pojmove, a istaknuti gosti serija su često slavni znanstvenici poput fizičara S. Hawkinga ili nobelovca kemičara D. Herschbacha.

U odnosu na oduvijek poznat utjecaj znanstvene fantastike na povećanje zanimanja za znanost, razliku i novost ovdje čine publikacije koje obožavateljima tih serija znanstvenu pozadinu pojedinih epizoda ili samo pojedinih scena, šala i dosjetki objašnjavaju na razini često iznad srednjoškolske. Vjerojatno je prva bila knjiga Paula Halperna o "Simpsonima" [1], koja je dobila pohvale (prenesene s "Amazona") da je "nije često da se smijete dok čitate knjigu o znanosti; poput "Simpsona", i ova je knjiga i smiješna i pametna". Uslijedile su zato i druge, poput one Matta Bradya "O znanosti Ricka i Mortya" [2] ili one Davea Zobela "O znanosti TV-teorije velikog praska" [3]. Te su knjige dostupne ne samo u tiskanom, nego i u digitalnom obliku.

Za diplomski rad iz fizike su naravno relevantni oni dijelovi takvih knjiga koji se bave fizikom (ili matematikom relevantnom za fiziku). Samo jedan primjer, iz one o "Teoriji velikog praska" s podnaslovom "Objašnjenja koja bi razumjela čak i Penny" [3], je izlaganje kvantne valno-čestične dualnosti skupa sa zornim prikazom kako funkcionira Fourierov red [3].

Pokušaji iskorištavanja popularne kulture ne ostaje samo na takvim knjigama. Na primjer, Matt Brady [2] ima posebnu mrežnu stranicu za podršku nastavnicima koji koriste taj oblik znanstvene komunikacije u STEM području, pa bi diplomski rad mogao razmatrati i edukacijske domete tog aspekta.

Druga, možda još zanimljivija mogućnost, je da diplomski rad izloži i ocijeni kako se neki stari popularni oblik društvenih igara može ispuniti edukacijskim sadržajem. Primjer za to su kartaške igre koje široj javnosti približavaju neke osnovne pojmove fizike elementarnih čestica [4,5]. Njihov izum su potakla otkrića na sudaračima u Brookhavenu i CERN-u. Zapravo se radi o posebnom snopu karata, "špil" koji omogućuje više raznih igara, jer se pravila mogu odabrati u skladu s raznim razinama znanja, pa i sa znanjem onih igrača koji su najmanje upućeni u fiziku čestica, ali bi kroz igru to znanje naravno jako povećali.

Te igre, "Quark Matter Card Games" tj. "Kartaške igre kvarkovske tvari", kao "farbe karata" koriste razne okuse kvarkova i antikvarkova u tri boje QCD-a, te razne vrste leptona i antileptona, pa na taj način mogu i potpunom laiku približiti osnovnu terminologiju fizike elementarnih čestica. Na razini potpunog laika, karte se mogu koristiti za igru običnog tipa "Memory". Zatim se pravila proširuju na formiranje zadanih validnih parova ili tripleta, tako da cilj igre postaje formiranje "bezbojnih" mezona i bariona s ispravnim kvantnim brojevima. Postojeće upute omogućavaju tri razine težine igre, što je moguće i proširivati. Na primjer, isti taj "špil" karata, budući da simbolički sadrži čestice koje se pojavljuju kao finalni produkti raspada Higgsovog bozona, omogućava i igru "lova" na njega, nazvanu

"Higgs boson on your own" [5].

Osnovni, najjednostavniji element diplomskog rada bilo bi, nakon prevođenja, razjašnjavanje uputa za razne varijante igre - kako onih standardnih kratkih na prospektu-listiću priloženom uz "špil" tako i znatno detaljnijih uputa, razrada i komentara datih u raznim publikacijama posvećenima ovim edukacionim igrama - na pr. u [4,5], te u dodatnim referencama sadržanima u [4,5]. Informatički obrazovaniji studenti bi mogli pokušati načiniti i verziju za igranje na računalu.

[1] Paul Halpern: "What's Science Ever Done For Us: What the Simpsons Can Teach Us About Physics, Robots, Life, and the Universe", Wiley 2011.

[2] Matt Brady: "The Science of Rick and Morty: The Unofficial Guide to Earth's Stupidest Show", Atria Books 2019.

[3] Dave Zobel: "The Science of TV's the Big Bang Theory: Explanations Even Penny Would Understand", ECW Press 2015. Dodatni materijali posvećeni toj knjizi mogu se naći na mrežnoj stranici <http://davezobel.com/bbt/>

[4] J. Csörgő, C. Török and T. Csörgő, "Memory of Quark Matter Card Game," e-print arXiv:1303.2798 [physics.pop-ph].

[5] T. Csorgo, "Higgs Boson - on Your Own," e-print arXiv:1303.2732 [physics.pop-ph].

Smjerovi: 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. Željka Knežević Medija

Institucija: IRB

Naslov teme: Ispitivanje radiofotoluminescentnih dozimetara za dozimetriju u računalnoj tomografiji (CT)

Sadržaj teme:

Računalna tomografija ili skraćeno CT (engl. Computed tomography) slikovna je radiološka metoda koja daje slojevni prikaz pregledavanog dijela tijela, a za nastanak slike rabi se ionizirajuće-rengensko zračenje. Princip rada temelji se na slabljenju ili atenuaciji rendgenskih zraka prolaskom kroz snimani dio tijela, do čega dolazi zbog apsorpcije i rasapa rendgenskih zraka. Udio CT snimanja u ukupnoj dozi zračenja koja dolazi iz izvora zračenja koja se koriste u medicinske svrhe iznosi oko 70%. Otprilike 10-15% svih radioloških pretraga otpada na CT, a CT pretrage doprinose otprilike 50% kolektivnoj populacijskoj dozi uzimajući u obzir samo dijagnostičku radiologiju. U radu će se napraviti ispitivanja svojstava radiofotoluminescentnih dozimetara (RPLD) u CTDI fantomu na različitim pozicijama i kutovima pri računalnoj tomografiji. Dobivena mjerenja usporediti će se mjerenjima ionizacijskom komorom. Student će tijekom rada naučiti/ponoviti međudjelovanja ionizirajućeg čestičnog zračenja s materijom; osnovne dozimetrijske veličine i principe; osnove računalne tomografije, fizikalne principe RPL dozimetrije te pripremu i analizu RPL dozimetara.

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

Mentor: dr. sc. Ivan Kokanović

Institucija: PMF

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

Sadržaj teme:

Pojava visokotemperaturne supravodljivosti, VTS, pokazala se jednom vrlo interesantnom fizikalnom pojavom, za koju unatoč velikim naporima znanstvene zajednice u razumjevanju fizikalne pozadine same pojave ni nakon gotovo više od 30 godina istraživanja još uvijek nije nađeno cijelovito rješenje. Najveći problem u razumjevanju VTS predstavlja kompleksnost materijala, i vrlo složeni fazni dijagram. Tako u faznom dijagramu imamo prisutnost antiferomagnetske faze za koncentracije kisika $X=0$ te s povećanjem koncentracije kisika uz magnetsko uređenje javlja se supravodljiva faza, jaka elektronska međudjelovanja, pojava tzv. pseudoprocijepa, iščezavanje pseudo potencijala s maksimalnom temperaturom supravodljivog prijelaza, T_c , da bi na kraju povećanje koncentracije kisika $X=1$ dovelo do sniženja T_c . U okviru rada student će istražiti utjecaj uređenja kisika na magnetska i supravodljiva svojstva $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(6+x)}$ ($0.5 < x < 1$) monokristala i upoznati tehnike sinteze $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(6+x)}$ monokristala, dopiranja uzoraka kisikom i mjerenja magnetizacije monokristala u temperaturnom području od 5 K do 300 K.

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: Elektronska struktura 3D Cd₃As₂ Diracovog polumetala

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Krešimir Kumerički

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje duboko virtualnog komptonskog raspršenja pomoću strojnog učenja

Sadržaj teme:

Duboko virtualno komptonsko raspršenje je proces kojim se dobro može izučavati trodimenzionalna raspodjela kvarkova i gluona u protonu. Funkcije strukture tog procesa (komptonski form-faktori) su esencijalno neperturbativni objekti i u diplomskom radu bi se istraživale mogućnosti njihove ekstrakcije iz eksperimentalnih podataka metodama strojnog učenja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Krešimir Kumerički

Institucija: PMF

Naslov teme: Sučelje za pristup funkcijama strukture protona

Sadržaj teme:

Trodimenzionalna raspodjela kvarkova i gluona u protonu opisana je pomoću poopćenih partonskih distribucija. Univerzalnost tih funkcija čini ih važnim inputom u raznim istraživanjima. U radu bi se izradilo sučelje (web sučelje po mogućnosti) koje bi omogućilo korisniku pristup numeričkim vrijednostima, te grafički prikaz tih funkcija u zadanom kinematičkom području.

Smjerovi: prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Ivan Kupčić

Institucija: PMF

Naslov teme: Transportna svojstva Diracovih polumetala

Sadržaj teme:

Disperzije vodljivih elektrona u Diracovim polumetalima mogu se opisati s anizotropnim 3D Diracovim modelom s konačnom Diracovom masom. Vrlo često se te disperzije aproksimiraju s disperzijama elektrona u kvazi 2D Diracovom modelu. U ovom radu će se teorijski istražiti transportna svojstva ovakvih sustava i provjeriti valjanost ovakve aproksimacije disperzija 3D Diracovih elektrona.

Prvo će se izgraditi realistični model koji objašnjava utjecaj spin-orbit vezanja na disperzije elektrona u Diracovim polumetalima. Nakon toga će se ispitati vezanje tih elektrona na vanjska elektromagnetska polja. Na kraju će se izračunati efektivan broj nositelja naboja u istosmjernoj vodljivosti i u Hallovoj konstanti te usporediti rezultate s predviđanjem semiklasične Boltzmannove transportne teorije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivor Lončarić

Institucija: IRB

Naslov teme: Pretraživanje svojstava molekularnih kristala pomoću strojno naučenih potencijala

Sadržaj teme:

Krajnji cilj fizike čvrstog stanja odnosno znanosti o materijalima je dati odgovor na pitanje koji materijal će imati željeno svojstvo. Do sada se teorijsko čvrsto stanje uglavnom bavilo razumijevanjem i reprodukcijom eksperimentalno određenih svojstava za pojedini materijal. Posebno povoljan omjer preciznosti i računalne zahtjevnosti postiže se teorijom funkcionala gustoće (DFT) koja osim specijalnih slučajeva dobro predviđa svojstva materijala. Kako bi krenuli prema krajnjem cilju počele su se stvarati velike baze podataka izračunatih svojstava materijala pomoću DFT-a [1]. Na temelju takvih baza mogu se pretraživati materijali sa željenim svojstvima. Međutim, molekularni kristali, iako veoma značajni, nisu uključeni u takve baze zbog velikih jediničnih ćelija koje zahtijevaju veliku računalnu snagu. S razvojem strojno naučenih potencijala na temelju DFT izračuna [2,3], moguće je konstruirati takvu bazu na temelju izračuna pomoću tih potencijala umjesto DFT-a. U ovom diplomskom radu provjerila bi se točnost ovih strojno naučenih potencijala te bi se pretražili molekularni kristali zanimljivih elastičnih svojstava. Na kraju, izdvojeni rezultati bi se provjerili pomoću DFT-a.

[1] <https://materialsproject.org> [2] Nature Communications 8, 13890 (2017)
<https://doi.org/10.1038/ncomms13890> [3] Chem. Sci., 8, 3192 (2017)
<https://doi.org/10.1039/C6SC05720A>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Marija Majer

Institucija: IRB

Naslov teme: Dozimetrijska mjerenja u području izvan ciljnog volumena za kraniospinalno ozračivanje koristeći radioterapijsku tehniku VMAT

Sadržaj teme:

Radioterapija ima jako važnu ulogu u liječenju karcinoma. Oko 2/3 oboljelih će tijekom terapije primiti neki oblik radioterapije i stoga se tehnike i metode zračenja snažno razvijaju i unapređuju ne bi li se omogućila što bolja raspodjela zračenja u ciljni volumen (tumor) i što bolja poštuda ostalog zdravog tkiva pacijenta. Medicinska fizika, i fizika općenito, u tome ima veliku ulogu. VMAT ili volumetrijski modulirana luk terapija je nova moderna tehnika koja omogućuje kontinuirano i kratkotrajno ozračivanje pacijenta fotonima tijekom samo jednog okretaja uređaja. Kod konvencionalnih tehnika to nije moguće jer, da bi se tumor odgovarajuće ozračio iz nekoliko smjerova, zračenje se mora prekidati i uređaj namještati u novu poziciju te je ukupno vrijeme zračenja znatno duže. Zbog međudjelovanja zračenja s materijom, ozračivanje zdravog tkiva pri radioterapiji se nikada ne može potpuno izbjeći i stoga, da bi se mogli procijeniti rizici za štetne učinke u zdravom tkivu, moraju znati doze koje takvo tkivo primi. U ovom radu će se mjeriti doze izvan ciljnog volumena pri kraniospinalnom zračenju tehnikom VMAT. Pacijent će biti antropomorfni fantom napravljen od tkivu ekvivalentnih materijala koji predstavlja desetogodišnje dijete, a za mjerenja će se koristiti radiofotoluminescentni (RPL) dozimetri. Dobiveni rezultati usporedit će se s rezultatima u literaturi za konvencionalne tehnike te nedavno analiziranim za protonsku radioterapiju. Student će tijekom rada savladati međudjelovanja ionizirajućeg fotonskog zračenja s materijom; osnovne dozimetrijske veličine i principe; osnovne fizikalne principe radioterapije te posebno VMAT tehniku; osnovne fizikalne principe RPL dozimetrije te pripremu i analizu RPL dozimetara.

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

Mentor: dr. sc. Marija Majer

Institucija: IRB

Naslov teme: Fizika zračenja u radioterapiji teško nabijenim česticama

Sadržaj teme:

Teško nabijene čestice, za razliku od fotona i elektrona, većinu svoje energije deponiraju u materijal na samom kraju putanje. Stoga, raspodjela doze (energija apsorbirana u jediničnoj masi materijala) po dubini u materijalu ima izraženi, jaki vrh (Braggov vrh) na kraju putanje pri čemu položaj vrha ovisi o početnoj energiji upadne čestice. Ta se fizikalna posebnost teško nabijenih čestica koristi u radioterapiji te se odabirom odgovarajuće energije snopa nabijenih čestica (u radioterapiji najčešće protoni ili ioni ugljika), energija deponira na željeno mjesto (tumor) uz maksimalnu poštudu ostalog, zdravog tkiva. U radu će se opisati fizikalni i osnovni radiobiološki principi vezani za radioterapiju teško nabijenim česticama te će se objasniti razlike (prednosti i mane) u odnosu na konvencionalnu radioterapiju fotonima i elektronima. Također, prikazat će se razlike (prednosti i mane) protonske radioterapije i radioterapije ugljikom. Student/ica će tijekom rada savladati ionizirajuće zračenje i međudjelovanja ionizirajućeg čestičnog zračenja s materijom; akceleratorne čestice; osnovne dozimetrijske veličine i principe; osnove radiobiologije.

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: Komptonska kamera

Sadržaj teme:

Komptonska kamera je moderan, pozicijski osjetljiv detektor gama zračenja sa potencijalnom primjenom u medicinskom oslikavanju, mjerenju zračenja u okolišu, ali i u fundamentalnim mjerenjima. Za razliku od klasične gama kamere, koja se koristi u medicinskom oslikavanju i koja ima teške olovne kolimatore za određivanje smjera upadnog zračenja, komptonska kamera određuje taj smjer putem opažanja Comptonovog raspršenja u detektoru. Takav detektor je u odnosu na gama kameru, kompaktniji i primjenjiviji u širem području.

U okviru diplomskog rada će se u laboratoriju sastavljati i ispitivati elementi komptonske kamere, sastavljeni od segmentiranih scintilatora i silicijskih fotomultiplikatora, a potom će se ispitati funkcionalnost cjelovite kamere. Detektori će biti očitavani brzom digitalnom elektronikom, te će biti potrebno prilagoditi softver za analizu podataka, a po potrebi i softver za rekonstrukciju slike.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nadica Maltar Strmečki

Institucija: IRB

Naslov teme: Istraživanja dozimetrijskih svojstva kloridnih soli optički stimuliranom luminiscencijom (OSL)

Sadržaj teme:

U slučaju radiološke nesreće potrebna je brza procjena apsorbirane doze izloženih pojedinaca koji profesionalno ne nose osobne dozimetre, te hitna masovna trijaža. Retrospektivna dozimetrija istražuje promjene izazvane zračenjem bilo na materijalima koji su bili u blizini ili na samim žrtvama nuklearnih i radioloških nesreća, bilo na njihovim stanicama i pruža nedvosmisleni uvid u populaciju koja je bila izložena zračenju i treba hitnu medicinsku pomoć. Pokazano je da je optički stimulirana luminiscencija (OSL) brza metoda retrospektivne dozimetrije, te može omogućiti brzu procjenu doze velikog broja ljudi u kratkom vremenskom razdoblju. Cilj rada je istražiti svojstva kloridnih soli metodom optički stimulirane luminescencije (OSL) i njihovu potencijalnu uporabu u retrospektivnoj dozimetriji. Istraživat će se optimalni uvjeti za očitavanje OSL-a pomoću stimulacije s dvije različite valne duljine, 470 nm i 890 nm. Cilj je utvrditi ponovljivost signala, osjetljivost detekcije i stabilnost signala tijekom vremena. Rezultati će biti uspoređeni za obje vrste stimulacije.

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: Vremena života teških hadrona

Sadržaj teme:

Vrijeme života čestice je njeno najosnovnije svojstvo. Vremena života teških hadrona se dobivaju izračunavanjem inkluzivnih širina raspada teških kvarova koji se sustavno tretiraju u konzistentnom teorijskom okviru poznatom kao razvoj po masi teške čestice (eng. HQE), koji je nastao spojem tehnika razvoja operatorskog umnoška (eng. OPE) i efektivne teorije teškog kvarka (eng. HQET). Budući da su vezana stanja teških kvarova i lakih konstituenata (šarmantni/beauty mezoni, jednostruko c(šarmantni)/b(beauty)-barioni) ili dva teška kvarka i jednog lakog konstituenta (dvostruko c(šarmantni)/b(beauty)-barioni), teški hadroni sadrže meke stupnjeve slobode koji stvaraju neperturbativne korekcije koje je teško izračunati. Novi eksperimentalni podaci, kako o c-hadronskim raspadima tako i o b- raspadima, omogućili su detaljnu usporedbu eksperimentalnih i teorijskih rezultata i otkrili su veliko slaganje, uz nekoliko značajnih iznimaka: nedavna mjerenja vremena života Ξc^+ , Ξcc^{++} i osobito Ωc^0 bariona se ne slažu s teorijskim predviđanjima i to značajno. Rješavanje tih neslaganja jedan je od najvažnijih zadataka u fizici teških hadrona danas.

Tema diplomskog rada će biti upoznavanje s tehnikama računanja vremena života te ponovno razmotranje izračuna vremena života šarmantnih bariona, usporedba s novim eksperimentima, te kombiniranjem svih saznanja određivanje dijelova računa koji traže teorijska poboljšanja, koja se također mogu djelomično napraviti ukoliko bude vremena. Obzirom na aktualnost istraživanja moguće će biti publiciranje rezultata kao i da se istraživanje nastavi nakon diplomiranja u okviru novoodobrenog HrZZ projekta na istu temu.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Vesna Miksic

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 kao i mijenjati položaj Diracove točke kroz mehanizam prijenosa naboja. Dok su eksperimentalna istraživanja uglavnom fokusirana na utjecaj interkalacije raznih atoma između grafena i substrata [4,5], utjecaj adsorpcije takvih atoma na grafen istraživan je 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 se uključiti u već započeta eksperimentalna istraživanja ovog sistema, te aktivno sudjelovati u pripremi uzorka u uvjetima ultra-visokog vakuuma i njegovom ispitivanju površinski osjetljivim tehnikama. Osnovna eksperimentalna tehnika koja se koristi je kutno-razlučiva fotoemisijaska spektroskopija (angular-resolved photoemission spectroscopy – ARPES) koja daje direktan uvid u strukturu popunjenih elektronskih vrpca. Predviđeno je objavljivanje znanstvenog članka u koautorstvu sa studentom.

[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 cesium intercalation of graphene. Nat. Commun. 4:2772 (2013).

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

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

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 nanosekundama, 4ns i energijom do 350mJ. Zanima nas međudjelovanje takve laserske plazme s nisko temperaturnom plazmom proizvedenom pomoću izboja i nanosekundnih pulseva visokog napona u području energija oko praga za proboj. Proučavat će se efekti na proboj plazme uslijed prisustva zaostalog naboj inducirano izbojem u atmosferskom plazmenom mlazu. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava (automatizacija), 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.

Dean Popović, Marijan Bišćan, Slobodan Milošević, LASER INDUCED BREAKDOWN IN PULSED HELIUM ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA JET, Plasma Sources Science and Technology (2019) 28 055009 <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ab1d10>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Slobodan Milošević

Institucija: IFS

Naslov teme: Spektroskopska karakterizacija i kontrola plazmenog reaktora za pripremu plazmom aktivirane vode.

Sadržaj teme:

Na institutu se razvija atmosferski plazmeni reaktor s mlazom dušikove plazme za aktivaciju vode s ciljem optimiziranja omjera peroksida i nitrita/nitrata. Diplomski rad obuhvaća: upoznavanje s literaturom, modifikacije postojećeg eksperimentalnog postava (automatizacija prostorno razlučive spektroskopije), korištenje optičke emisijske spektroskopije (OES), usvajanje tehnika vremenski razlučivih mjerenja, izvođenje mjerenja, analizu i diskusiju rezultata, te pisanje diplomskog rada. Postoji mogućnost uključivanja u interdisciplinarni projekt s primjenom u poljoprivredi.

Kinga Kutasi, Dean Popović, Nikša Krstulović, Slobodan Milošević, TUNING THE COMPOSITION OF PLASMA-ACTIVATED WATER BY A SURFACE-WAVE MICROWAVE DISCHARGE AND A kHz PLASMA JET, Plasma Sources Science and Technology (2019) 28 095010 <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ab3c2f>

Krisztián Gierczik, Tomislava Vukušić, László Kovács, András Székely, Gabriella Szalai, Slobodan Milošević, Gábor Kocsy, Kinga Kutasi, Gábor Galiba, PLASMA-ACTIVATED WATER TO IMPROVE THE STRESS TOLERANCE OF BARLEY, Plasma Processes and Polymers, (2020) <https://doi.org/10.1002/ppap.201900123>.

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

Mentor: dr. sc. Vlasta Mohaček Grošev

Institucija: IRB

Naslov teme: Ispitivanje vezanja glukozamina za zlatne nanočestice Ramanovom spektroskopijom

Sadržaj teme:

Vezanje molekula za podloge koje sadrže nanočestično zlato važno je u senzoricima, forenzici i restauraciji umjetnina, gdje se SERS (surface-enhanced Raman spectroscopy) najviše koristi. U diplomskom radu bi se eksperimentalno ispitalo postoji li vezanje glukozamina, molekule glukoze s NH₂ skupinom, za podlogu na kojoj je napareno zlato u obliku nanočestica. Ovaj modelni sistem poslužio bi za provjeru vezanja većih molekula i aminokiselina. U laboratoriju za molekulska fiziku i sinteze novih materijala Instituta Ruđer Bošković imamo na raspolaganju Ramanov spektrometar i rad na pretražnom elektronskom mikroskopu, kojim bismo upotpunili istraživanja. Od diplomandice ili diplomanda bi se očekivao eksperimentalni rad za spektrometrom i interpretacija slika dobivenih mikroskopom.

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

Mentor: dr. sc. Hrvoje Nikolić

Institucija: IRB

Naslov teme: Teorijski opis eksperimenta s dvije pukotine u supervodiču i veza s Bohmovom mehanikom

Sadržaj teme:

Makroskopska električna struja supervodiča opisana je Ginzburg-Landau jednadžbom koja ima matematički oblik sličan Schrodingerovoj jednadžbi. Silnice struje, koje je u principu moguće mjeriti, imaju oblik sličan putanjama čestica u Bohmovo interpretaciji kvantne mehanike. Zadatak je teorijski modelirati Ginzburg-Landau valnu funkciju struje supervodiča za slučaj kada struja prolazi kroz dvije pukotine, iz valne funkcije izračunati odgovarajuću lokalnu struju, uz pomoć računala numerički izračunati silnice struje, te rezultate grafički prikazati. Od studenta se očekuje samostalnost u upotrebi računala za numeričke izračune i njihov grafički prikaz, uz izbor programske podrške (kao što je npr. Mathematica) po želji studenta.

Literatura: - R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, The Feynman Lectures on Physics, vol III, Chap. 21 (Basic Books, New York, 2010). - M. Tinkham, Introduction to Superconductivity (McGraw-Hill, New York, 1996). - P.R. Holland, The Quantum Theory of Motion (Cambridge University Press, Cambridge, 1993).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Tamara Nikšić

Institucija: PMF

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

Sadržaj teme:

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

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

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

Mentor: dr. sc. Tamara Nikšić

Institucija: PMF

Naslov teme: Modeli nuklearne strukture zasnovani na teoriji energijskog funkcionala gustoće

Sadržaj teme:

Teorija energijskog funkcionala gustoće predstavlja temelj velikog dijela modela u nuklearnoj fizici. Najveći izazov za precizan opis strukture atomske jezgre predstavlja optimizacija parametara samog funkcionala, posebno jer dostupni eksperimentalni podaci ne dozvoljavaju jednoznačno određivanje parametara. Ukratko, modeli nuklearnog energijskog funkcionala gustoće mogu se ubrojiti u široku klasu tzv. sloppy modela poznatih ne samo u fizici, nego i biologiji, ekonomiji itd.

U okviru predloženog rada planiramo provesti analizu mnogostrukosti u prostoru eksperimentalnih podataka s ciljem poboljšanja postojećih nuklearnih energijskih funkcionala gustoće.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Kosuke Nomura

Institucija: PMF

Naslov teme: Microscopic description of nuclear shapes and collective excitations

Sadržaj teme:

Theoretical research in the area of low-energy nuclear physics is becoming more and more demanding. Experiments using radioactive-ion beams produce a wealth of new data on thus far unknown (i.e., exotic) atomic nuclei, which necessitate universal microscopic theory framework able to provide reliable predictions for exotic nuclei. A quantitative analysis of nuclear systems requires an accurate modelling of the underlying nucleon-nucleon interaction, which presents a major computational challenge, especially for heavy nuclei.

In this work, we explore nuclear shapes and excitations based on the microscopic framework of the nuclear density functional theory. At present, nuclear DFT provides a global mean-field description of bulk nuclear properties of any nuclear species. Due to the high numerical complexity of the DFT calculation in computing spectroscopic properties in heavy nuclei, an innovative method that reduces the redundant computational cost, while preserving essentials of low-lying nuclear structure, will be developed by means of the mapping onto algebraic Hamiltonian or collective-model Hamiltonian for the relevant nuclear spectroscopy. The method will be applied to describe those nuclear structure phenomena at the frontier of low-energy nuclear physics, such as shape coexistence and phase transitions.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Dino Novko

Institucija: IFS

Naslov teme: Neadijabatska renormalizacija optičkih fonona u visoko dopiranom grafenu

Sadržaj teme:

Adijabatska Born-Oppenheimer aproksimacija je fundamentalni korak u kvantno-mehaničkim računima, čime se razdvoje elektronski i ionski stupnjevi slobode. No nedavni uvidi u vibracijske spektre nisko dopiranih 2D poluvodičkih materijala pokazuju kako ta adijabatska aproksimacija puca te je potrebno uračunati dinamičke (odnosno neadijabatske) korekcije. Unatoč tome, potonji zaključci i pripadne korekcije vibracijskog spektra se vrlo često zanemaruju kod izračuna elektron-fonon vezanja u 2D materijalima. Tako na primjer adijabatski teorijski izračuni elektron-fonon vezanja predviđaju da je konstanta vezanja u visoko dopiranom grafenu ~ 0.4 , dok s druge strane analize fotoemisijskih spektara pokazuju da je taj iznos ~ 0.2 . Neuračunavanje jakih neadijabatskih korekcija vibracijskih energija (u iznosu od ~ 50 meV) je potencijalni uzrok takvom nepodudaranju. Cilj ovog diplomskog rada je pokušati potvrditi tu tezu.

Prvi korak ovog diplomskog rada je istražiti dinamičke efekte u visoko dopiranom grafenu te izračunati pripadne korekcije vibracijskih energija koristeći se perturbativnom teorijom funkcionala gustoće. Nakon toga, provest će se račun elektron-fonon vezanja uzimajući u obzir prethodno dobivene neadijabatske fononske energije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nikolina Novosel

Institucija: IFS

Naslov teme: Magnetska dinamika u naprednim slitinama čelika

Sadržaj teme:

Predmet istraživanja su tehnološki važni materijali: α -željezo, čelici i slitine željezo-krom s različitim udjelima ugljika. Položaj i uloga ugljika u navedenim slitinama željeza ključan je čimbenik koji određuje mehanička svojstva ovih materijala. Pokazuje se da prilikom zagrijavanja materijala od sobne temperature do vrlo visokih temperatura (~ 1200 K) ugljik migrira iz intersticijskih mjesta u kristalnoj strukturi željeza te tvori različite precipitate (u najvećoj mjeri ϵ -karbid i cementit). U procesu hlađenja dolazi do raspada karbida i ponovnog smiještanja ugljika u intersticijska mjesta. Navedeni procesi u velikoj mjeri ovise o sastavu slitine, početnom stanju uzorka i o uvjetima termičkog cikliranja.

Procesi migracije ugljika u slitinama željeza istražuju se eksperimentalnim metodama istraživanja magnetske dinamike i procesa magnetske relaksacije: mjerenjem magnetske ac susceptibilnosti i tzv. magnetic after-effect-a. Eksperimentalni postav je vrlo visoke osjetljivosti i omogućuje mjerenja u temperaturnom rasponu 4.2-1200 K. Posebno je značajna eksperimentalna dostupnost visokih temperatura (>1000 K) čime je omogućeno istraživanje kritičnog ponašanja i faznog prijelaza iz paramagnetskog stanja u stanje s dugodosežnim magnetskim uređenjem u željezu i slitinama željeza, kao i istraživanje procesa formiranja magnetskih domena u feromagnetskom materijalu i dinamike domenskih zidova.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Suvremene metode u nastavi fizike: mobilni uređaji u proučavanju gibanja

Sadržaj teme:

U okviru ovog diplomskog rada istaknut će se mogućnosti primjene mobilnih uređaja u okviru problemski orijentirane nastave gdje učenik na različite načine koristi mobilni uređaj kao 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. Dalibor Paar

Institucija: PMF

Naslov teme: Konstrukcija ultrazvučnog anemometra baziranog na Arduinu

Sadržaj teme:

Precizna mjerenja strujanja zraka potrebna su u mnogim područjima, posebice vezano uz istraživanja u okolišu. Ultrazvučni anemometri predstavljaju vrlo precizne i tražene instrumente za tu namjenu. U okviru ovog rada konstruirati će se ultrazvučni anemometar koji je baziran na Arduino tehnologiji. U radu će se prikazati cijeli postupak konstrukcije anemometra i demonstrirati njegova primjena.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor:	dr. sc. Dalibor Paar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Rano učenje fizike: priča o računalnoj memoriji		
Sadržaj teme:	U suvremenom obrazovanju STEM područja, posebice fizika trebaju se početi učiti od što ranije dobi. U okviru ovog rada koristeći pokuse i modele prezentirati ćemo na koji način djeci predstaviti osnovne koncepte funkcioniranja digitalnih tehnologija.		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Dalibor Paar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Uvođenje fizike u razrednu nastavu: sile u prirodi		
Sadržaj teme:	U suvremenom obrazovanju, STEM sadržaje, a time i fiziku treba uvesti od rane dobi, najkasnije od 4. godine života. U okviru ovog rada razmotrit ćemo teme i metode kojima bi se fizika uvela u nastavu od 1.-5. razreda OŠ.		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Dalibor Paar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Uvođenje fizike u razrednu nastavu: energija u prirodi		
Sadržaj teme:	U suvremenom obrazovanju, STEM sadržaje, a time i fiziku treba uvesti od rane dobi, najkasnije od 4. godine života. U okviru ovog rada razmotrit ćemo teme i metode kojima bi se fizika uvela u nastavu od 1.-5. razreda OŠ.		
Smjerovi:	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

Mentor:	dr. sc. Dalibor Paar	Institucija:	PMF
Naslov teme:	Rano učenje fizike: geometrija prostora i vremena od Galilea do Eisteina		
Sadržaj teme:	Koncepti suvremenog obrazovanja su da se djecu od rane dobi izloži idejama suvremene fizike, potakne ih se da razmišljaju i postavljaju pitanja i pobudi interes za te tematike. U ovom radu dotaknuti ćemo se teme prostora i vremena. Geometrija prostora se na primjer obrađuje u okviru različitih predmeta na nižim razinama pri čemu se ne ističu temeljni fizikalni koncepti. Osmislile bi se metode kako ovu temu približiti djeci bilo u okviru postojećih predmeta bilo u okviru dodatne nastave.		
Smjerovi:	prof. fizike		

Mentor: dr. sc. Damir Pajić

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetometri u istraživanju materijala

Sadržaj teme:

Za istraživanje magnetskih svojstava materijala koriste se različiti magnetometri, Student će se upoznati sa konstrukcijom i načinom rada današnjih najčešćih izvedbi magnetometara, kao što su SQUID magnetometar i magnetometar s vibrirajućim uzorkom, te drugima po mogućnosti. Izvest će i neka osnovna mjerenja te ih interpretirati i staviti u kontekst istraživanja magnetskih svojstava novih materijala.

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 po mogućnosti 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. Lovro Palaversa

Institucija: IRB

Naslov teme: Analiza pouzdanosti paralaksi cefeida opaženih Gaia satelitom

Sadržaj teme:

Cefeide pripadaju podskupu promjenjivih zvijezda kod kojih postoji veza između luminoziteta i perioda promjene sjaja koja se opisuje period-luminozitet relacijama. U Mliječnom putu i galaksijama Lokalne skupine fotometrijski je opaženo više desetaka tisuća cefeida te su određeni njihovi periodi. Udaljenosti do bliskih galaktičkih cefeida mogu se izravno mjeriti metodom paralakse, što nam omogućuje određivanje njihovih luminoziteta i kalibraciju period-luminozitet relacija. Udaljenosti cefeida koje su predaleko da bi im se mogle izmjeriti paralakse se tada mogu odrediti pomoću perioda promjene sjaja i period-luminozitet relacija.

S obzirom na relativno velik luminozitet, cefeide se mogu opažati i u nekim od galaksija u kojima su pronađene i supernove tipa Ia koje su važan indikator udaljenosti na kozmološkim skalama. Prethodno poznavanje kalibriranih period-luminozitet relacija tada omogućuje kalibraciju metoda koje koriste supernove tipa Ia kao indikator udaljenosti.

Zbog međuovisnosti navedenih metoda neophodno je razumjeti sve efekte koji mogu utjecati na određivanje paralakse. Najpreciznije i najtočnije paralakse danas možemo dobiti iz kataloga Gaia satelita Europske svemirske agencije. Cilj predloženog diplomskog rada je provesti analizu pouzdanosti paralaksi cefeida u Gaia katalogu usporedbom s udaljenostima galaktičkih otvorenih skupova (čije zvijezde imaju izmjerene paralakse) i cefeida s izmjerenim paralaksama koje se nalaze u tim otvorenim skupovima.

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

Mentor: dr. sc. Lovro Palaversa

Institucija: IRB

Naslov teme: Klasifikacija promjenjivih zvijezda pomoću metoda strojnog učenja

Sadržaj teme:

Fotometrijska opažanja astrofizičkih tranzijenata i promjenjivih zvijezda pružaju nam važan uvid u fizikalne procese koji rezultiraju promjenama sjaja opažanih objekata. Tranzijenti poput supernova tipa Ia i nekih podvrsta periodički promjenjivih zvijezda su također nezaobilazni kao indikator udaljenosti na galaktičkim i kozmološkim skalama (pomoću njih je potvrđeno i ubrzano širenje svemira). Raspoloživi podaci se nalaze u bazama koje prerastaju u kontinuirane tokove podataka o milijardama zvijezda opažanih širokokutnim i vremenski razlučenim pregledima neba u raznim područjima spektra. S obzirom da se radi o bazama podataka reda veličine stotina terabajta, tj. tokovima podataka od nekoliko stotina gigabajta dnevno (s tendencijom porasta), učinkovito korištenje i proučavanje te mase podataka nije moguće bez razvoja tehnika rudarenja podataka i strojnog učenja koje također prolaze kroz period ekspanzivnog razvoja.

Predloženi diplomski rad će se fokusirati na automatiziranu klasifikaciju promjenjivih zvijezda i primjenu metoda strojnog učenja u klasifikaciji. U diplomskom radu koristiti će se javno dostupni iz pregleda neba poput Zwicky Transient Facilityja, Gaia satelita Europske svemirske agencije i sl.

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: Struktura hadrona iz analize tvrdih ekskluzivnih procesa

Sadržaj teme:

Nukleoni su sastavni dio materije koja nas okružuje, te se, kao i ostali hadroni, sastoje se od kvarkova i gluona, čije interakcije opisuje kvantna kromodinamika (QCD). No sveobuhvatno razumijevanje strukture hadrona i dinamike vezanog stanja još uvijek nedostaje. S druge strane, eksperimenti na akceleratorima čestica korišteni za istraživanja fizike Standardnog modela (SM) i fizike izvan SM uglavnom se provode koristeći protone i to sa sve većom točnošću koja zahtijeva i sve bolji opis strukture hadrona. Tvrdi ekskluzivni procesi su pogodni za pristup nepoznatim aspektima strukture hadrona. Izvode se pri visokim energijama gdje jaka sila postaje slaba te se u opisu partonskih potprocesa može upotrijebiti perturbativni pristup. Faktorizacija omogućava opis strukture hadrona preko distribucijskih amplituda (DA) i generaliziranih partonskih distribucija (GPD). Potonji su objekti fenomenološki posebno zanimljivi jer potencijalno nude trodimenzionalnu (3D) sliku hadrona za razliku od 1D slike ukodirane u poznate partonske distribucije (PDFs) istraživane u inkluzivnim procesima tj. dubokom neelastičnom raspršenju (DIS). Trenutno postoji snažna eksperimentalna aktivnost koja potiče teorijske napore: puno podataka je već dostupno ili se očekuje u bliskoj budućnosti od grupa JLab i COMPASS (CERN), te su planirani novi ubrzivači (EIC u SAD-u, LHeC u CERN-u). U diplomskom radu bi se na dodiplomskom studiju stečeno znanje o dobivanju informacija o strukturi protona iz DIS-a i PDFova proširilo proučavanjem tvrdih ekskluzivnih procesa. Proveli bi se osnovni računi u vodećem redu (duboko virtualna produkcija mezona) uz upoznavanje i korištenje posebno prilagođenih softverskih programa.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Uloga pogrešaka u diobenom vretenu na promjenu broja kromosoma kroz više generacija - aneuploidija

Sadržaj teme:

Pogreške u podjeli kromosoma za vrijeme stanične diobe uzrokuju aneuploidiju, stanje neravnoteže u broju kromosoma. Takvo je stanje pogubno za embrionalni razvoj i ubrzava stvaranje tumora. Stoga je otkrivanje podrijetla pogrešaka i njihov dugoročni učinak na stanice ključno za razumijevanje aneuploidije. Da bi se razumjeli mehanizmi koji dovode do velike učestalosti pogrešaka, student/studentica će uvesti teorijski opis diobe stanica. U pojedinoj diobi, model će opisati mogućnost gubitka kromosoma i brzinu staničnog ciklusa, pri čemu će se uzeti u obzir da obje ove pojave ovisne o broju kromosoma u stanici. Osim toga, u modelu će se pratiti veliki broj staničnih dioba, mada će se svaku od tih dioba zasebno simulirati. Model će predvidjeti broj kromosoma u stanicama kroz generacije. Također, model će napraviti vezu između procesa koji se događaju za vrijeme jedne diobe te izgleda cjelokupne populacije stanica. Konačno, model će predvidjeti koje će stanice prevladati nakon velikog broja dioba. Ovi će se teorijski rezultati usporediti s pogreškama opaženim u živim stanicama, dobivenim u laboratoriju 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. Nenad Pavin

Institucija: PMF

Naslov teme: Proučavanje sila odgovornih za pozicioniranje kromosoma tokom diobe ljudskih stanica

Sadržaj teme:

Za vrijeme stanične diobe formira se diobeno vreteno, čija je funkcija ispravna podjela genetičkog materijala između stanica kćeri. Diobeno se vreteno ponaša kao složeni mikro-stroj sastoji od mikrotubula, kromosoma i različitih dodatnih proteina, pri čemu sile koje reguliraju položaj kromosoma ključne za uspješnu diobu genetskog materijala. Da bi se opisale sile na kromosome, uvest će se model koji uključuje mikrotubule koji se protežu između sestrinskih kinetohornih vlakana, nazvani prenosni mikrotubuli te ostale poznate sile koje djeluju u diobenom vretenu: sile koje nastaju između mikrotubula i kinetohora, sile između centrosoma i mikrotubula, sile koje su prisutne u prenosnim mikrotubulima, a generiraju ih molekularni motori. 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. 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, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije

Mentor: dr. sc. Nikola Poljak

Institucija: PMF

Naslov teme: Potraga za novim česticama pomoću tehnika strojnog učenja

Sadržaj teme:

Teorije izvan Standardnog modela predviđaju postojanje novih čestica. Unatoč velikom trudu eksperimentalnih kolaboracija na LHC- takve čestice još nisu opažene. U slučaju njihovog postojanja manifestirale bi se kroz vrlo rijetke događaje za koje bi poznati procesi unutar Standardnog modela predstavljali ogromnu pozadinu. Otežavajuća okolnost pri traženju novih čestica je i nepoznavanje njihovih masa što uvelike povećava fazni prostor u kojemu bi se signal mogao nalaziti. U ovom radu pokušala bi se pomoću tehnika strojnog učenja razviti metoda kojom bi se izolirali signali koji dolaze od raspada novih čestica nepoznatih masa. Problem spada u područje detekcije anomalija unutar strojnog učenja te će se, uz implementaciju razvijenih tehnika unutar tog područja, pokušati razviti tehnike detekcije anomalije primjerene za fiziku elementarnih čestica. Za razvijanje i testiranje metode koristila bi se otvorena baza podataka korištena za LHCOlympics2020 [1] u kojoj je simulirano postojanje točno jedne čestice koja izlazi iz okvira fizike Standardnog modela.

[1] <https://indico.cern.ch/event/809820/page/16782-lhcolympics2020>

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Slojeviti materijali budućnosti

Sadržaj teme:

Dihalkogenidi prijelaznih metala su kvazi-dvodimenzionalni materijali koji su u fokusu znanstvenog interesa iz dva razloga. Prvi je posljedica istraživanja njihovog potencijala za primjene u elektronici, spintronici i ostalim novim aplikacijama gdje ih se drži za nasljednike grafena. Drugi razlog je njihova snižena dimenzionalnost (slojevita struktura) koja pospješuje korelacijske efekte što rezultira bogatstvom raznih osnovnih stanja. Ovisno o kemijskom sastavu oni mogu biti poluvodiči, polumetali i pravi metali, a neki od njih su i supravodljivi. Moguće ih je interkalirati magnetskim ionima te na taj način dobiti sustave u kojima magnetski i električni podsustavi koegzistiraju. Međudjelovanje ovih dvaju sustava rezultira zanimljivim magnetskim uređenjima kojima je moguće manipulirati primjenom vanjskog tlaka i/ili magnetskog polja. U okviru ovoga rada proučavat će se jedan od interkalata NbS₂ sustava. Student će se upoznati s laboratorijskim tehnikama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka od nekoliko GPa kao i magnetskog polja te mjerenjem fizikalnih veličina u ekstremnim uvjetima. Rad će se odvijati u laboratoriju Instituta za fiziku uz mogućnost međunarodne suradnje. Rezultati rada će se sažeti u znanstvenu publikaciju te postoji mogućnost nastavka suradnje i nakon diplome.

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

Mentor: dr. sc. Petar Popčević

Institucija: IFS

Naslov teme: Termoelektricitet i njegov potencijal

Sadržaj teme:

Termoelektrični materijali nude mogućnost iskorištavanja dijela otpadne topline (waste heat) pretvarajući je u korisnu električnu energiju. Stoga su u svjetlu inicijativa za smanjenje zagađivanja i potrošnje energije općenito vrlo zanimljivo područje znanstvenog istraživanja. Kako bi se procijenilo koliko je materijal učinkovit prilikom termoelektrične pretvorbe, potrebno je mjeriti njegova transportna svojstva. U okviru rada diplomand će se upoznati s termoelektričnim veličinama (definicijama, mjernim tehnikama i teorijskim opisom), pojavom termoelektriciteta i njegovim primjenama. Nadalje, upoznat će se s metodama postizanja hidrostatskog i uniaksijalnog tlaka te njihovom primjenom i dosezima u eksperimentalnom istraživanju. Na primjeru jednog visoko obećavajućeg materijala (kao što su SnSe, Cu₂Se, dopirani TiO₂), odredit će se njegov termoelektrični potencijal (mjerenje termostruje, električne i toplinske vodljivosti) te proučiti i utjecaj hidrostatskog i/ili uniaksijalnog tlaka.

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

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Topološka rekonstrukcija elektronske vrpce pri pojavi vala gustoće naboja u okviru aproksimacije čvrste veze

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Danko Radić

Institucija: PMF

Naslov teme: Formiranje Schrödingerovih "cat-stanja" u nanoelektromehaničkim sustavima

Sadržaj teme:

Koherentnim tuneliranjem Cooperovih parova na supravodljivu kvantnu točku smještenu između supravodljivih kontakata, tako da se može gibati harmoničkim oscilacijama, dolazi do spreznja električnih i mehaničkih stupnjeva na poseban način. Sustav s dva nivoa, kako opisujemo populaciju elektronskog naboja na kvantnoj točki, postaje kvantno isprepleten s mehaničkim harmoničkim oscilatorom. Vremenska evolucija ovog sustava vodi na pojavu tzv. Schrödingerovih "cat-stanja" vrlo važnih u modernoj teoriji kvantne komunikacije. U okviru ovog rada valja numerički izračunati operator vremenske evolucije ovog sustava u Fockovom prostoru i prikazati evoluciju ovih stanja.

Smjerovi: fizika (istraživački)

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-Khalatnikove 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. 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 subleading 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 subleading 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.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Anđelo Samsarov

Institucija: IRB

Naslov teme: Kvazinormalni modovi fermionskih perturbacija Reissner-Nordstromove crne rupe

Sadržaj teme:

Kvazinormalni modovi (KNM) su svojstveni modovi disipativnog sustava. Perturbacije klasične gravitacijske pozadine crne rupe prirodno vode na kvazinormalne modove. Analiza i klasifikacija KNM spektara zahtijeva rješavanje problema svojstvenih vrijednosti za nehermitske operatore koji proizlaze iz odgovarajućih linearnih diferencijalnih jednažbi. U astrofizici, detekcija kvazinormalnih modova u eksperimentima vezanim uz potragu za gravitacijskim valovima direktno je vezana uz pojavu mogućnosti preciznog mjerenja mase i angularnog momenta crne rupe, kao i uz otvaranje novih mogućnosti testiranja opće teorije relativnosti. U ovom radu planira se izučiti kvazinormalne modove fermionskih perturbacija crne rupe Reissner-Nordström tipa.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Anđelo Samsarov

Institucija: IRB

Naslov teme: Rerezentacije Lievih algebri i primjene u fizici

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Zdravko Siketić

Institucija: IRB

Naslov teme: Razvoj neutronske mikroprobe

Sadržaj teme:

Laboratorij za interakcije ionskih snopova, Instituta Ruđer Bošković, opremljen je s dva ubrzivača, 1 MV Tandentron i 6 MV Tandem Van de Graaff, pomoću kojih se ubrzavaju različiti ioni u jednu od postojećih 9 eksperimentalnih linija. Jedna od njih je i ionska mikroproba u kojoj se ioni energija nekoliko MeV, magnetske rigidnosti do $R=14$, fokusiraju na dimenzije od $\sim 1 \times 1 \mu\text{m}^2$ (i manje). Prelaženjem snopa preko analizirane površine uzorka, može se raditi dvodimenzionalna karakterizacija (elementno mapiranje), a ujedno i modifikacija materijala. Ionska mikroproba se koristi i za ispitivanje efikasnosti detekcije različitih čestičnih detektora. Razvojem nuklearne fisije, a u zadnje vrijeme i fuzije, pojavila se je potreba i za karakterizacijom efikasnosti neutronske detektora. Za 2D karakterizaciju efikasnosti detekcije, potrebno je imati prostorno i energijski dobro definiran snop neutrona. Cilj diplomskog rada je da se proizvede mikro-sноп neutrona koji će se bazirati na postojećem sistemu za fokusiranje iona na mikronske dimenzije. U tu svrhu koristit će se dvije nuklearne reakcije: ${}^7\text{Li}({}^1\text{H}, n){}^7\text{Be}$ i ${}^1\text{H}({}^7\text{Li}, n){}^7\text{Be}$. Da bi neutroni emitirani s površine nekoliko μm^2 zadržali istu prostornu distribuciju, moraju biti prostorno dobro definirani. To se može postići neutronima na samom pragu reakcije ${}^7\text{Li}({}^1\text{H}, n){}^7\text{Be}$ ili kinetički kolimiranim neutronima iz pripadne reverzne reakcije ${}^1\text{H}({}^7\text{Li}, n){}^7\text{Be}$. Diplomant će sudjelovati u razvoju postava za proizvodnju i detekciju mikro-neutrona.

Smjerovi: fizika (istraživački)

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. Jedinствене 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. Hrvoje Skenderović

Institucija: IFS

Naslov teme: Generiranje svjetlosti s orbitalnim angularnim momentom pomoću svjetlosnog modulatora

Sadržaj teme:

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

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

Mentor: dr. sc. Željko Skoko

Institucija: PMF

Naslov teme: Negativna kompresibilnost

Sadržaj teme:

Većini materijala se intrinzični volumen smanjuje pod djelovanjem hidrostatskog (jednolikog) tlaka, ali nekoliko materijala prikazuju upravo suprotno ponašanje - šire se u jednom ili više smjerova u ovom procesu. Fenomen negativne kompresibilnosti je iznimno rijedak i kontraintuitivan ali ima primjenu u dizajniranju različitih senzora tlaka, umjetnih mišića i aktuatora. U ovom diplomskom radu pružit će se prikaz do danas poznatih materijala koji iskazuju negativnu kompresibilnost s posebnim naglaskom na zajedničke strukturne motive koji se pojavljuju među ovim primjerima. Eksperimentalno će se odrediti promjena strukture u materijali N'-2-propiliden-4-hidroksibenzohidrazidu izazvana visokim tlakom i korelirati s ovim neobičnim fenomenom.

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: Novootkriveni termoodskočni efekt u trifeniltetrazolij kloridu

Sadržaj teme:

Trifeniltetrazolij klorid (TTC) je redoksni indikator koji se često koristi u biokemijskim eksperimentima za razlučivanje metabolički aktivnih i neaktivnih tkiva. Nedavno je u našem laboratoriju otkriveno da ovaj materijal iskazuje termoodskočno svojstvo – fascinantna fenomen gdje kristali prilikom grijanja/hlađenja iskazuju mehaničko gibanje u obliku skakanja, savijanja, rotiranja i promjene makroskopskog oblika. Premda je broj materijala koji iskazuju takvo ponašanje malen (cca. dvadesetak), oni posjeduju veliki potencijal u budućoj izradi aktuatora ili termičkih senzora na nanometarskoj/mikrometarskoj skali. U radu će se raznim strukturnim (rendgenska difrakcija u polikristalu/jediničnom kristalu), mikroskopskim (optička i elektronska mikroskopija) te termoanalitičkim metodama (diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC), termogravimetrijska analiza (TGA)) analizirati termoodskočni materijal u TTC i odrediti njegov mehanizam.

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

Mentor: dr. sc. Ivica Smolić

Institucija: PMF

Naslov teme: Geometrijske nejednakosti u općoj teoriji relativnosti

Sadržaj teme:

Specijalna i opća teorija relativnosti, u odnosu na klasičnu nerelativističku fiziku, donose nova ograničenja na ponašanje materije. Primjerice, materija komprimirana u dovoljno mali prostor formirat će crnu rupu, makroskopski objekt koji je opisan relativno malim brojem parametara. Postavlja se pitanje u kakvom su općenito odnosu fizikalni parametri, poput mase, zamaha i električnog naboja, nakupine materije koja je opisana relativističkim fizikalnim zakonima. U ovom radu će biti napravljen pregled geometrijskih nejednakosti koje su izvedene u kontekstu opće teorije relativnosti.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Ivica Smolić

Institucija: PMF

Naslov teme: Izranjajuća gravitacija

Sadržaj teme:

Opća teorija relativnosti opisuje klasično gravitacijsko polje pomoću glatke mnogostrukosti na kojoj je definirana metrika Lorentzovog tipa. Pomalo iznenađujuće, 1970-ih godina je otkriveno da crne rupe zadovoljavaju termodinamičke zakone, što je potaklo intenzivno istraživanje povezanosti termodinamike i opće teorije relativnosti. Središnji problem ove paradigme jest kako opisati gravitaciju kao izranjajući, kolektivni fenomen, koji se pojavljuje u makroskopskom limesu neke, zasad nepoznate, mikroskopske slike gravitacijskog polja. U ovom radu će biti napravljen pregled različitih smjerova istraživanja izranjajuće gravitacije.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Josip Stepanić

Institucija: FSB

Naslov teme: Hiperbolna navigacija

Sadržaj teme:

Hiperbolna navigacija je terestrička radio navigacija koja se temelji na radio valovima iz dva međusobno koherentna izvora. Nekoliko desetljeća bila je najznačajnija dugodosežna radio navigacija. U današnje vrijeme primjenjuje se u manjem broju specifičnih situacija.

U radu je potrebno opisati princip hiperbolne navigacije. Opis treba uključivati kvalitativno razmatranje pripadnih fizikalnih pojava. Razmatranje je potrebno popratiti vizualizacijama. Zastupljenije načine hiperbolne navigacije potrebno je međusobno usporediti po radnoj frekvenciji zaprimljenih radio valova i po načinu izvođenja navigacijskih podataka.

Zaključno je potrebno usporediti hiperbolnu navigaciju s ostalim vrstama dugodosežne radio navigacije obzirom na potreban broj izvora radio valova.

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

Mentor: dr. sc. Josip Stepanić

Institucija: FSB

Naslov teme: Vrtložne struje

Sadržaj teme:

Vrtložne struje su električne struje zatvorenog toka u vodičima koje nastaju zbog elektromagnetske indukcije. Korisne su u velikom broju slučajeva, među kojima je i detekcija nepravilnosti u metalnim konstrukcijama.

U radu je potrebno opisati način nastanka i prostorne karakteristike vrtložnih struja koje se javljaju u metalnom kvadru vrlo velikih dimenzija pokraj kojega je zavojnica napajana izmjeničnom električnom strujom. Potrebno je usporediti slučaj kad u kvadru postoji lokalizirana nepravilnost u strukturi, sa slučajem kad je kvadar pravilne strukture. Opis treba uključivati formalni pristup i pripadne vizualizacije.

Zastupljenije načine detekcije nepravilnosti u metalnim konstrukcijama pomoću vrtložnih struja potrebno je međusobno usporediti.

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

Mentor: dr. sc. Davorin Sudac

Institucija: IRB

Naslov teme: Konstrukcija neutronske probe za C/O logging

Sadržaj teme:

Konstruirat će se specijalna neutronska proba za mjerenje omjera količine ugljika i kisika u uzorcima uzetim iz naftnih bušotina. Neutronska proba sadržavat će alfa detektor. Alfa detektor omogućuje "elektroničku" kolimaciju neutronske snop i primjenu metode pridružene alfa čestice. Navedena proba predstavlja iskorak u komercijalno dostupnim neutronske probama smanjujući utjecaj pozadinskog zračenja. Mjerenja na različitim uzorcima vršiti će se na sobnoj temperaturi i na temperaturi iznad 100 stupnjeva Celzija. Konstrukcija probe vrši se u okviru HRZZ projekta "Nove primjene 14 MeV neutrona."

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: Geometrija u prostoru valnih funkcija

Sadržaj teme:

Valne funkcije se obično shvaćaju kao vektori u Hilbertovom prostoru kvantnih stanja. Međutim, čim je broj identičnih čestica veći od jedan, pojavi se i specifična algebarska struktura, koja isti Hilbertov prostor generira kao slobodni modul nad prstenom simetričnih polinoma. Generatori slobodnog modula su geometrijski likovi u prostoru valnih funkcija, koji kinematski ograničavaju gibanje čestica. Već i veoma mali primjeri 2-4 čestice otvaraju niz zanimljivih pitanja međuodnosa ta dva načina gledanja. Ovisno o afinitetu i predznanju studenta, u diplomskom radu bi se načelo neko od tih pitanja, možda i na razini samo jednog konkretnog primjera. Moguća pitanja uključuju: (1) klasifikaciju generatora s obzirom na neku grupu simetrija; (2) korištenje algebarske strukture za nalaženje "dobrih" varijacionih funkcija; (3) vizualizaciju nodalnih hiperploha, tj. geometrijskih mjesta točaka gdje mnogočestična valna funkcija iščezava.

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: Elektroni u suvremenim funkcionalnim materijalima

Sadržaj teme:

Ponašanje elektrona u mnogim suvremenim tehnološki važnim materijalima se ponekad razlikuje od udžbeničkog idealnog plina, bio to idealni plin slobodnih čestica (za metale) ili idealni plin magnetskih momenata (za lokalizirane elektrone u magnetskim materijalima). To može biti posljedica nezasjenjenih kulonskih potencijala u materijalu, ili međudjelovanja vodljivih elektrona sa lokaliziranim kvantnim stanjima. Bitan fizikalni sadržaj ovih problema se može proučavati na pojednostavljenim modelima, od kojih su neki okrenuti tumačenju određenih mjerenih pojava, a drugi rasvjetljavanju pojedinih teorijskih ideja. U širokom rasponu poznatih pristupa, od kojih se neki razvijaju i na Fizičkom Odsjeku u okviru znanstvenih istraživanja, postoje dobre mogućnosti prilagođavanja diplomskog rada interesima i temperamentu pojedinog studenta.

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

Mentor: dr. sc. Suzana Szilner

Institucija: IRB

Naslov teme: Neutronske bogate teške jezgre

Sadržaj teme:

Osnovna tema ovoga rada bilo bi proučavanje neutronske bogate jezgare oko dvostruko magične jezgre ^{208}Pb . U laboratorijima je posebno teško proizvesti i identificirati ove teške neutronske bogate jezgre, pa su i informacije o strukturi tih jezgara vrlo rijetke. U radu bi se proučila mogućnost proizvodnje tih jezgara upotrebom reakcija prijenosa nukleona.

U okviru rada treba izvrijediti podatke vezane uz elektromagnetske prijelaze izotopa olova pobuđene nuklearnom reakcijom $^{40}\text{Ar}+^{208}\text{Pb}$ mjerenom magnetskim spektrometrom PRISMA u koincidenciji s detektorom gama-zračenja CLARA na postrojenju INFN – LNL, Italija. Rezultati mjerenja bi se usporedili s rezultatima reakcija: $^{90}\text{Zr}+^{208}\text{Pb}$ (stabilni snop ^{90}Zr , akceleracijsko postrojenje INFN – LNL, Italija), te $^{94}\text{Rb}+^{208}\text{Pb}$ (radioaktivni snop ^{94}Rb , akceleracijsko postrojenje ISOLDE, CERN), kako bi se bolje shvatilo koja se to karakteristična stanja snažno pobuđuju.

Glavni cilj rad je preko karakterističnih elektromagnetskih prijelaza u izotopima olova izvrijediti udarni presjek za reakcije prijenosa neutrona, te tako dobivene udarne presjeke usporediti s udarnim presjecima izmjerenim čestičnom identifikacijom. Dobivene udarne presjeke potrebno je usporediti i s reakcijskim modelima, kako bi se na kraju moglo zaključiti o mogućnosti proizvodnje teških neutronske bogate jezgare reakcijama prijenosa nukleona.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Antonio Šiber

Institucija: IFS

Naslov teme: Pakiranje elastičnih krivulja u kružnicu

Sadržaj teme:

Određivanje oblika elastičnih objekata u ograničenju (constraint) uglavnom nije podložno analitičkim pristupima, no problem je važan s različitim aspektima. Na primjer, rane faze rasta embrija ježinca i prva narušavanja sferne simetrije ovise o međudjelovanju embrija s membranom u kojem raste. Oblici koji se realiziraju u ograničenjima u kasnijim fazama rasta postaju dio temeljnog plana organizma. Tako je prvo udubljenje u embriju ježinca začetak osi cilindrične simetrije buduće odrasle jedinke [1]. U diplomskom će se tražiti zanimljiva rješenja u nižoj dimenzionalnosti, tj. oblici krivulja u krugu. Problem se svodi na minimizaciju elastične energije zakrivljenosti krivulje uz određene rubne uvjete. Istražit će se različiti rubni uvjeti koji bi se mogli primijeniti na biološke sustave, npr. na pakiranje simpetalnih cvjetova (npr. anđeoske trublje (*Brugmansia*) ili slaka (*Calystegia*)) u mahune prije rascvjetavanja, te zatvaranje i otvaranje cvjetova.

[1] A. Šiber and P. Zihlerl, *Cellular Patterns*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton (2007).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Antonio Šiber

Institucija: IFS

Naslov teme: Boje objekata u sjeni

Sadržaj teme:

Sjene su područja prostora koja nisu izravno osvijetljena. Ipak, jasno ih vidimo tj. nisu crna zbog toga što su osvijetljena neizravno, difuznim raspršenjem svjetlosti s okoline. Na otvorenim prostorima sjene su tipično plavkaste zbog difuznog raspršenja svjetlosti s neba. Plavkaste sjene u kontrastu s izravno osvijetljenim, žućkastim dijelovima krajolika ili osobe na otvorenom, nalazimo vrlo često kao slikarsku temu, posebno u impresionizmu. Cilj je diplomskog rada razraditi osnove teorije za objašnjenje boje sjene tj. omogućiti predviđanje i izračun boje objekta u sjeni na temelju njegove boje pri izravnom osvijetljenju. Kakva je veza RGB vrijednosti boje objekta na svjetlu i u sjeni? Predloženu i razrađenu teoriju testirat će se i fotografskim eksperimentima te analizom RGB vrijednosti svjetla i sjene na fotografiji. Načinit će se i statistika boja svjetla i sjene te izračunati RGB vektor "pomaka boje" iz svjetla u sjenu. Teorija i eksperiment bit će podržani i numeričkim simulacijama (radiosity, raytracing, POVRay). Komentirat će se i moguća važnost istraživanja u kontekstu mode, tj. dizajna odjevnih objekata tako da se smanje kontrasti sjena nabora tkanine čime bi se prikrijele trodimenzionalne značajke određenih dijelova tijela.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Hrvoje Štefančić

Institucija: UNI

Naslov teme: Mjere sistemskog rizika na kompleksnim mrežama

Sadržaj teme:

Struktura velikog broja vrlo različitih dinamičkih sustava može se prikazati kao kompleksna mreža. Najopćenitije gledano, čvorovi takve kompleksne mreže su podsustavi dinamičkog sustava, a veze u mreži su međudjelovanja tih podsustava. Mnoge od metoda i tehnika analize kompleksnih mreža i procesa na njima dolaze iz statističke fizike, fizike neuređenih sustava i fizike kompleksnih sustava. Osobito važna klasa dinamičkih procesa na kompleksnim mrežama su procesi širenja mrežom nekih svojstava čvorova ili veza. Primjerice, to mogu biti epidemijski procesi na mreži socijalnih kontakata, procesi širenja ideja i stavova na internetskim društvenim mrežama ili procesi širenja financijskih poteškoća među financijskim institucijama povezanih investicijama ili drugim transakcijama. Istraživanjem takvih procesa na kompleksnim mrežama uočeno je da konačni učinak procesa širenja na cjelokupni sistem može značajno ovisiti o čvoru koji je polazište procesa širenja. Uobičajeno je takve čvorove nazivati sistemski važnim čvorovima. Opći cilj teme diplomskog rada je proučiti procese širenja na kompleksnim mrežama s osobitim usmjerenjem na procese širenja financijskih poteškoća u mrežama financijskih institucija te metode identifikacije sistemski važnih institucija poput DebtRank algoritma. Posebni cilj teme diplomskog rada je, za zadanu mrežu financijskih institucija, upotrebom DebtRank algoritma istražiti uvjete na inicijalne financijske poteškoće većeg broja institucija u mreži pod kojima u konačnici ne dolazi do financijske propasti niti jedne od financijskih institucija u mreži.

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

Mentor: dr. sc. Hrvoje Štefančić

Institucija: UNI

Naslov teme: Skalarna polja u fizikalnoj kozmologiji

Sadržaj teme:

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

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Emil Tafra

Institucija: PMF

Naslov teme: Elektrostatsko dopiranje izolatora pomoću ionskih tekućina

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 na magnetotransportna svojstva tih i sličnih materijala. Predviđa se korištenje litografskih tehnika za postavljanje električnih kontakata na uzorak istraživog materijala, te za vrata koja bi bila u električnom kontaktu samo s ionskom tekućinom. Nadalje se predviđa mjerenje promjene električnog otpora s temperaturom, električnog otpora u magnetskom polju (magnetootpora) i Hallovog efekta u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 0.3 K do 300 K. Proučavanjem magnetotransportnih svojstava se mogu odrediti vodljivost materijala, vrsta, koncentracija i pokretljivost nosioca naboja, parametri Fermijeve plohe, a u nekim slučajevima i sam oblik Fermijeve plohe.

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: Električni krug za Lorenzov atraktor

Sadržaj teme:

Edward Lorenz je 1963. g. objavio svoj poznati sistem vezanih nelinearnih diferencijalnih jednadžbi prvog reda. Rješenja ako se nacrtaju u tri dimenzije daju putanju koja se zavija u neponavljajućem uzorku leptirolikog oblika. Cilj rada je izgraditi analogno računalo, odnosno električni krug za analogno rješavanje ovog sistema diferencijalnih jednadžbi. Rješenja će se promatrati na osciloskopu i proučavati utjecaj promjene parametara. Osim toga predviđeno je proučavanje teorijske pozadine ovog fenomena.

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. Yuki Utsumi

Institucija: IFS

Naslov teme: Exploration of AgCuSe transport properties under high pressure

Sadržaj teme:

Thermoelectric materials have been attracting a great attention as a possible solution to clean energy source. In spite of intensive search for high performance thermoelectric materials, the energy conversion efficiency is still far from the application demand. Layered material AgCuSe is expected to have a high thermoelectric performance [1]. In this study, transport properties of AgCuSe and related materials will be investigated by changing the chemical composition and applying pressure. Through the study, one can gain experimental skills of handling cryogenic system and pressure cell, and knowledge of thermoelectric materials and their transport properties.

Keywords: AgCuSe, thermoelectric materials, pressure, electrical conductivity Reference [1] S. Ishiwata, et al., Nat. Mater. 12, 512 (2013).

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Silvije Vdović

Institucija: IFS

Naslov teme: Tranzijentna apsorpcija kromofore Rodamin B

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. Laserska organska boja Rodamin B standardna je molekula s dobro poznatom ultrabrzom dinamikom. Kroz izradu diplomskog rada student će se upoznati s osnovama eksperimentalne metode te sudjelovati u uključivanju nekolinearnog optičkog parametarskog pojačala u trenutni postav. Na taj način omogućiti će se proučavanje molekula s izraženom apsorpcijom u vidljivom dijelu spektra te također poboljšati vremenska rezolucija eksperimenata. Glavni cilj rada sastoji se u optimizaciji svih eksperimentalnih parametara kako bi se kroz mjerenja tranzijenata Rodamina B odredila maksimalna vremenska rezolucija eksperimentalnog postava.

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

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Polarizacijski razlučiva nelinearna mikroskopija kao neinvazivna optička metoda za ispitivanje kristalografske orijentacije i broja slojeva

Sadržaj teme:

Dvodimenzionalni (2D) materijali predstavljaju jedinstvenu klasu nanomaterijala koji su polučili značajan interes tijekom zadnjih petnaest godina. Mehanička eksfolijacija grafena 2004., potaknula je istraživanje 2D materijala te je rezultiralo otkrićem nekoliko drugih klasa 2D materijala sa širokim spektrom njihovih svojstava. Dihalkogenidi prijelaznih metala (TMD) čine veliku obitelj slojevitih kristalnih materijala koji se jednako efikasno poput grafena mogu izolirati u svojem jednoslojnom obliku. TMD materijali, kemijske formule MX_2 , gdje je M prijelazni metal, a X S, Se ili Te posjeduju jedinstvena i vrlo obećavajuća elektronička i optička svojstva.

Neovisno govorimo li o hetero ili homoslojevima TMD-a, možemo iskoristiti simetrijska svojstva tih materijala: odsustvo inverzne simetrije u neparnom broju slojeva TMD-a ukazuje da su mogući nelinearni procese drugog reda kao što je generacija drugog harmonika (SHG). Korištenjem SHG mikroskopije, moguće je identificirati kut rotacije između slojeva. Polarizacijski osjetljiva SHG mikroskopija je neinvazivna optička tehnika koja nam pruža informaciju o kristalnoj kvaliteti uzorka, kristalografskoj orijentaciji uzorka i broju slojeva.

Polarizacijski-razlučiva SHG mjerenja zahtijevaju izgradnju eksperimentalnog postava koji će koristiti femtosekundne (fs) lasere valne duljine 800 nm i frekvencije repeticije 80 MHz. Laserska zraka se fokusira na uzorak putem mikroskopskog objektiva. Detekcija drugog harmonika u refleksnoj geometriji postiže se lavinskom foto-diodom (eng. avalanche photodiode - APD). Upadna infracrvena laserska zraka (800 nm) i SHG signal u vidljivom dijelu spektra (400 nm) razdvojiti će se pomoću tzv. hladnog zrcala (eng. cold mirror), koje ima svojstvo selektivne visoke reflektivnosti kraćih valnih duljina, odnosno SHG signala te primjenom nekoliko propusnih visokofrekventnih filtera. Pozicioniranje uzorka vršiti će se korištenjem optičke slike uzorka u bijeloj svjetlosti i motoriziranog XY translacijskog nosača za prostorno oslikavanje uzorka. Polarizacijska mjerenja zahtijevaju korištenje i polarizacijskih elemenata za selektivno pobuđivanje uzoraka i adekvatnu analizu emitiranog signala.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u izgradnji eksperimentalnog postava te automatizaciji mjerenja kao i analizi rezultata mjerenja na jednoslojnim i višeslojnim 2D uzorcima s ciljem razumijevanja veze između optičkog odgovora, strukture uzoraka te vezanja između istih ili različitih slojeva uzoraka.

Smjerovi: fizika (istraživački)

Mentor: dr. sc. Nataša Vujičić

Institucija: IFS

Naslov teme: Optička karakterizacija dihalogenida prijelaznih materijala u svojstvu poboljšanja parametara sinteze

Sadržaj teme:

Dvodimenzionalni (2D) materijali predmet su istraživanja posljednjih petnaest godina zbog svojih izvanrednih elektroničkih, optičkih i mehaničkih 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. Grafen i drugi 2D materijali, poput dihalogenida prijelaznih metala (eng. transition metal dichalcogenides-TMDs), heksagonalnog boron nitrida (h-BN) i dr. privlače pažnju i veliki interes istraživačke zajednice. Kombinacijom tih materijala mogu se graditi i složenije vertikalne slojevite strukture, tzv. van der Waalsove (vdW) heterostrukture koje predstavljaju bogatu kolekciju materijala, posve novih fizikalnih svojstava.

Na Institutu za fiziku sinteza 2D materijala vrši se tehnikom depozicije kemijskih para (eng. chemical vapor deposition- CVD) pri čemu su uspješno sintetizirani MoS₂ i WS₂ kao glavni predstavnici TMDs skupine 2D materijala te h-BN i grafen. Za skalabilni rast visokokvalitetnih 2D materijala potrebno je dublje razumijevanje mehanizama rasta te poboljšanje metoda rasta. Izrada nove peći za CVD sintezu uzoraka omogućit će kontrolu i preciznu optimizaciju parametara rasta postojećih 2D materijala (za početak MoS₂) uz razvijanje novih procedura sinteze, čime će se osigurati reproducibilna sinteza uzoraka s ujednačenim optičkim, mehaničkim, transportnim svojstvima na milimetarskoj razini.

Optička karakterizacija uzoraka predstavlja skup brzih, efikasnih i neinvazivnih tehnika mjerenja uzoraka. Tipično je optički odgovor uzorka, odnosno njegova fotoluminiscencija (PL), glavni parametar kakvoće (engl. figure of merit) sintetiziranih uzoraka. Osim mogućnosti mjerenja PL spektara, isti eksperimentalni postav omogućava mjerenje Ramanovih spektara koji daju informaciju o kemijskom sastavu, dopiranju i čistoći uzorka. Za izvođenje ovih mjerenja koristit će se postojeći eksperimentalni postav za Ramanovu spektroskopiju baziran na konfokalnom mikroskopu kućne izvedbe, koji omogućava mjerenje apsorpcijskih, emisijskih te nisko- i visokoenregijskih Ramanovih modova.

Student/studentica bi aktivno sudjelovao/sudjelovala u mjerenju optičkog odziva sintetiziranih uzoraka, gdje bi se rezultati mjerenja optičkih spektara odmah uspoređivali s primijenjenim parametrima sinteze, s ciljem razumijevanja utjecaja parametara sinteze na kvalitetu uzoraka, čime bi se osigurala sinteza visokokvalitetnih, uniformnih uzoraka na velikoj skali.

Smjerovi: prof. fizike, prof. fizike i informatike

Mentor: dr. sc. Krešo Zadro

Institucija: PMF

Naslov teme: Magnetska i električna svojstva visokoentropijskih slitina

Sadržaj teme:

Tradicionalno, još od brončanog doba, svojstva elementa se mijenjaju u željenom smjeru dodavanjem relativno male količine drugog elementa. Ponekad je to slitina s dva glavna elementa uz male primjese drugih elemenata. Posljednjih petnaestak godina pozornost privlače slitine s pet ili više elemenata jednake ili gotovo jednake atomske koncentracije. Zbog na ovaj način jako povećane entropije miješanja ova nova klasa materijala poznata je pod nazivom visokoentropijske slitine. Ovaj višedimenzionalni kompozicijski prostor je praktično neograničen. Već su otkrivene neke visokoentropijske slitine koje pokazuju izuzetna svojstva koja nadilaze ista kod konvencionalnih slitina. U radu bi se dao pregled sadašnjih istraživanja visokoentropijskih slitina, posebno njihovih magnetskih i električnih svojstava. Student se može uključiti u aktualna eksperimentalna istraživanja izabranih slitina u Laboratoriju za istraživanje magnetskih i električnih pojava.

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

Mentor: dr. sc. Goran Zgrablić

Institucija: IFS

Naslov teme: Izrada postava za ultrabrznu lasersku fluorescentnu spektroskopiju

Sadržaj teme:

Razumijevanje ultrabrzih procesa na atomskom nivou koji utječu na fotokemijsku reakciju nužno je za razvitak novih fotonaponskih sustava baziranih na organskim molekulama. Takvi sustavi ne samo da su ekološki prihvatljiviji od poluvodiča, nego bi potencijalno mogli i efikasnije obavljati žetvu sunčeve energije. Sa pojavom ultrabrzih (femtosekundnih) lasera postalo je moguće eksplicitno detektirati elektronsko-vibracijsku neadijabatsku dinamiku u koničnim intersekcijama - „crnim rupama“ fotokemije - koje su i danas nedovoljno teoretski i eksperimentalno istražene a utječu na kvantnu efikasnost fotokemijske reakcije. Vremenski i spektralno razlučena fluorescencija najjednostavnije se interpretira i uspoređuje sa teoretskim simulacijama prolaska fotosjetljive molekule kroz takvu intersekciju.

Diplomski rad sastojao bi se od praktičnog rada u Femtosekundnom laserskom laboratoriju na Institutu za fiziku gdje bi student sastavio optički eksperimentalni postav baziran na fluorescence up-conversion tehnici: fluorescencija uzorka fokusira se na nelinearni kristal zajedno sa fundamentalnom laserskom zrakom da bi se dobila suma frekvencija te dvije zrake. Tom tehnikom može se izmjeriti fluorescenciju fluorescirajućih molekula sa vremenskom rezolucijom od stotinjak femtosekundi. Cilj rada je izmjeriti vrijeme relaksacije (fluorescence lifetime) neke od standardnih fluorescentnih pigmenata (Rhodamine 6G, Oxazone, Coumarin...). Student će se upoznati s teoretskom podlogom nužnom za interpretaciju molekularnih spektara snimljenih statičkim ili ultrabrzim tehnikama, steći vještine rada sa optomehaničkim komponentama, upoznati se s osnovama nelinearne optike, akvizicije malih svjetlosnih signala, automatizacije eksperimentalnih postava pomoću LabViewa i analize vremenski razlučenih spektara. Ovaj rad je idealan izbor za studenta kojeg zanima multidisciplinarno područje gdje se susreću nelinearna optika, biofizika, fizikalna kemija i fizika čvrstog stanja.

Smjerovi: fizika (istraživački), prof. fizike

Mentor: dr. sc. Petar Žugec

Institucija: PMF

Naslov teme: Sjena odbojnog Rutherfordovog raspršenja u laboratorijskom sustavu

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 ranijem diplomskom radu geometrijska svojstva sjene istražena su sustavu fiksne mete i u sustavu centra mase. Nastavno na te rezultate, u ovome radu istražiti će se sjena u općenitom inercijalnom sustavu (u kojem se centar mase giba konstantnom brzinom), među kojima je reprezentativni primjer upravo laboratorijski sustav, u kojem meta u početnom trenutku miruje. Istraživanje ima i analitičku i numeričku komponentu te se od studenta očekuje korištenje nekog od simboličkih programskih paketa, po izboru (Python, Mathematica, ...). Predviđeno je objavljivanje znanstvenoga članka u koautorstvu sa studentom.

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