

# Prijedlozi tema za diplomske radove u 2015.

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Optička dipolna stupica za hladne atome

**Sadržaj teme:**

Najjednostavniji oblik optičke stupice je fokusirana zraka lasera. U takvoj stupici oscilirajuće električno polje lasera uzrokuje oscilirajući električni dipolni moment atoma koji međudjeluje s poljem lasera. Ukoliko je električno polje lasera prostorno nehomogeno, kao u slučaju fokusirane zrake lasera, navedeno međudjelovanje i pripadajući pomak energijskih nivoa atoma mijenjaju se u prostoru stvarajući potencijal. Sila pridružena tom potencijalu naziva se optička dipolna sila, a njen makroskopski klasični analogon – optička pinceta vrlo je dobro poznata i široko primijenjena tehnika. U domeni suvremene atomske fizike optičke dipolne stupice koriste se pri evaporativnom hlađenju atoma i postizanju Bose-Einsteinovog kondenzata. U okviru diplomskog rada teorijski će se opisati optička dipolna sila na hladne atome. Opis međudjelovanja atoma s laserskom svjetlošću provest će se koristeći formalizam matrice gustoće i optičkih Blochovih jednažbi. Razmotrit će se utjecaj osnovnih parametara lasera kao što su snaga i valna duljina na dipolnu silu. U svjetlu primjena optičkih dipolnih stupica za zarobljavanje hladnih atoma, poseban naglasak bit će na kompeticiji dipolne sile i radijativne sile na atome, koja nastaje pri apsorpciji laserske svjetlosti i koristi se u procesu laserskog hlađenja atoma.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ana Babić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Vizualizacija velikih količina podataka

**Sadržaj teme:**

Buduća mreža teleskopa, Cerenkov Telescope Array (CTA) će prikupljati velike količine podataka, u domeni tzv. 'big data', iz podataka o izvorima i iz podataka o samoj mreži teleskopa. Naša grupa (IRB, Sveučilište u Splitu) radi na razvoju alata za dugoročno praćenje podsustava mreže teleskopa. Postoji mnogo tema koje se mogu napraviti okviru diplomskog rada, od samih implementacija postojećih rješenja do testiranja potencijalno zanimljivih tehnologija. Neke od tehnologija koje bi trebalo testirati za ovu primjenu su npr. noSQL baze podataka, postojeći web frameworks za vizualizaciju podataka, postojeći komercijalni alati (Tableau, jsonStudio).

**Smjerovi:** prof. fizike i informatike

**Mentor:** dr. sc. Ana Babić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Difuzna emisija galaksija na visokim energijama

**Sadržaj teme:**

Kozmičke zrake u interakcijama s međuzvezdanom materijom i poljima zračenja proizvode visokoenergijsko gama zračenje. Prije nekoliko godina je Fermi teleskop izmjerio difuznu emisiju iz M 31 (naš prvi galaktički susjed, veličine usporedive s Mliječnom stazom) u području energije 200 MeV - 20 GeV. Cilj rada je procijeniti emisiju iz M 31 u energijskom području u kojem opažaju teleskopi MAGIC, 50 GeV - 20 TeV, te razmotriti mogućnost opažanja te emisije s teleskopima MAGIC i CTA. Referenca: <http://arxiv.org/abs/1012.1952>

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

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Frekventna stabilizacija poluvodičkih lasera

**Sadržaj teme:**

Laseri velike spektralne čistoće i stabilnosti izuzetno su važni u područjima optičkih komunikacija, laserskog hlađenja i frekventnih standarda. Moderne tehnike za stabilizaciju frekvencije emitiranog laserskog zračenja obuhvaćaju niz kompleksnih procedura, u kojima se isprepliću područja atomske fizike, spektroskopije i elektronike.

Točno poznavanje stabilnosti laserske frekvencije eksperimentalni je parametar nužno potreban za eksperimente s hladnim atomima rubidija koji se provode na Institutu za fiziku. Tema diplomskog rada obuhvaća upoznavanje s principima rada poluvodičkih lasera u konfiguraciji vanjskog rezonatora (eng. external cavity laser diodes ECDL), te tehnikama stabilizacije frekvencije emitiranog laserskog zračenja. Frekvencija lasera stabilizirat će se koristeći tri različite tehnike: a) direktna modulacija laserske frekvencije pomoću modulacije struje, b) indirektna modulacija laserske frekvencije koristeći akusto-optički modulator i c) modulacija atomskih energijskih nivoa pomoću modulacije vanjskog magnetskog polja. Razvit će se tehnika heterodine spektroskopije koja će se upotrijebiti za mjerenje frekventne stabilnosti laserskog zračenja i usporedbu navedenih tehnika stabilizacije.

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

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Optomehanika s hladnim atomima rubidija

**Sadržaj teme:**

Radijativna sila nastaje kao rezultat međudjelovanja laserskog zračenja i atoma, te omogućava optičku kontrolu i manipulaciju gibanja atoma. Ona čini osnovu za lasersko hlađenje i zarobljavanje atoma, tehnike koja je rezultirala nizom zanimljivih eksperimentalnih dostignuća od kojih su najznačajniji Bose-Einstanovi kondenzati (BEC) i degenerirani fermionski plinovi. Područje hladnih/ultra-hladnih atoma jedno je od najaktivnijih područja moderne atomske i molekulske fizike.

U diplomskom radu istraživat će se radijativne sile na hladne atome rubidija. Na Institutu za fiziku atomi se hlade koristeći tehniku magneto-optičke stupice (MOT), koja omogućava hlađenje atoma do mikrokelvinskih temperatura te njihovo zarobljavanje u centru stupice. Istraživat će se međudjelovanje hladnih atoma i lasera kontinuirane i pulsne emisije. Posebna pažnja posvetit će se ispitivanju sile na atome uzrokovane pulsним, femtosekundnim laserom koji u frekventnoj domeni čini tzv. frekventni češalj (eng. frequency comb). Mjerenje radijativne sile vršit će se putem opažanja dinamike centra mase hladnog atomskog oblaka. Tijekom izrade diplomskog rada student/ica će usvojiti slijedeće eksperimentalne tehnike: frekventna stabilizacija poluvodičkih lasera, laserskog hlađenje i zarobljavanje, saturacijska, emisijska i apsorpcijska spektroskopija, spektroskopija frekventnim češljem.

**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 poznavanje Besselove diferencijalne jednadžbe i pripadnih Besselovih funkcija.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Računalo u eksperimentu

**Sadržaj teme:**

Cilj ovog rada je izrada jednostavnog uređaja, baziranog na Arduino ili RaspberryPi platformi, koji bi mogao služiti za višekanalno mjerenje vremenski ovisnih napona i/ili struja. 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 C i/ili Pythonu.

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

**Mentor:** dr. sc. Mario Basletić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Niskodimenzionalni i anizotropni sustavi - magnetotransport i dielektrični odziv

**Sadržaj teme:**

U ovom radu proučavat će se transportna i dielektrična svojstva materijala karakteriziranih niskom dimenzionalnošću - sustavima u kojima je električna vodljivost ovisna o smjeru toka struje. Eksperimentalnim tehnikama koje uključuju mjerenje ovisnosti otpora o temperaturi, o magnetskom polju, Hallovog efekta te ovisnosti vodljivosti o frekvenciji (dielektrična spektroskopija) određivat će se bitni parametri koji opisuju osnovno stanje materijala. Tematika diplomskog rada usko je vezana za istraživački projekt HRZZa "Strongly Correlated Electrons in Layered Organics and Manganites: Low Frequency Excitations and Non-linear Dynamics" (više informacija: <http://sceinlom.ifs.hr/>).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivo Batistić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Numeričke simulacije realnog plina

**Sadržaj teme:**

U diplomskom radu bi se izradile numeričke simulacije sustava velikog broja klasičnih čestica između kojih postoji međudjelovanje. Radi se o simulacijama poznatim kao molekularna dinamika. Polazi se od nasumične prostorne i brzinske raspodjele čestica. Kroz sudare raspodjela čestica se mijenja te postaje sve bliža Maxwelllovoj raspodjeli, za dovoljno visoke temperature. Ovisno o računalnim mogućnostima istražilo bi se i područje niskih temperatura u kojem se očekuje pojava faznog prijelaza. Opet, ovisno o računalnim mogućnostima, program bi se mogao prilagoditi za paralelno izvođenje na multijezgrenom/multiprocesorskim računalima, odnosno za izvođenje grafičkoj kartici. Simulacije bi bilo moguće napraviti za 2d i/ili 3d sustave.

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

**Mentor:** dr. sc. Ivo Batistić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Nova temaTransportna svojstva intermetalnih spojeva na bazi paladija

**Sadržaj teme:**

U okviru diplomskog rada istraživat će se transportna svojstva jednog intermetalnog spoja iz Pd-Ga sustava s ciljem da se upotpuni fizikalna slika ovih vrlo zanimljivih katalizatorskih sustava s visokim potencijalom za tehnološke primjene. Istraživanja se provode u okviru europskog centra izvrsnosti „European Integrated Center for the Development of New Metallic Alloys and Compounds” (<http://www.eucmac.eu/>). Eksperimentalni rezultati istraživanja će se poduprijeti teorijskim proračunima te korelirati s nedavno istraživanim sličnim sustavima PdGa (M. Klanjšek, ... P.Popčević, ..., Journal of Physics: Condensed Matter 24 (2012) 085703) i PdIn (M. Wencka, ..., P.Popčević, ..., Intermetallics 55 (2014) 56). Radi se o eksperimentalnom i/ili teorijskom radu koji se radi u suradnji s eksperimentalnom grupom na Institutu za Fiziku (Laboratorij za fiziku transportnih svojstava)

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

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Ivo Batistić	<b>Institucija:</b>	PMF
<b>Naslov teme:</b>	Primjena Wannierovih orbitala u izračunu elektronske strukture grafena.		
<b>Sadržaj teme:</b>	Elektronska struktura grafena će se izračunati pomoću DFTa koristeći numeričkim paket Quantum espresso. Iz dobivenih rezultata odredit će se Wannierove orbitale relevantne za opis elektronske strukture. Wannierov prikaz elektronske strukture omogućuje izračun svojstava inače nedostupan običnom DFT računu.		
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački)		

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Ivo Batistić	<b>Institucija:</b>	PMF
<b>Naslov teme:</b>	Elektronska struktura visokotemperaturnog supravodiča HgBa <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub>		
<b>Sadržaj teme:</b>	Elektronska struktura (vrpce, Fermijeva površina, ...) visokotemperaturnog supravodiča HgBa <sub>2</sub> CuO <sub>4</sub> će se izračunati pomoću DFT (teorija funkcionala gustoće) služeći se numeričkim paketom Quantum espresso.		
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački)		

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Ivo Batistić	<b>Institucija:</b>	PMF
<b>Naslov teme:</b>	Što je to Berryjeva faza?		
<b>Sadržaj teme:</b>	Ovisno o predznanju diplomanta, pojava Berryjeve faze će se opisati na nivou optike i kvantne fizike, odnosno, pokazala bi se primjena Berryjeve faze na probleme koji se pojavljuju u fizici kondenzirane tvari.		
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački), prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije		

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Goranka Bilalbegović	<b>Institucija:</b>	PMF
<b>Naslov teme:</b>	Programski paket Astropy		
<b>Sadržaj teme:</b>	Astropy je paket rutina koje su napisane u programskom jeziku Python. Koristi se u astrofizici, ali je moguća primjena i u drugim područjima fizike. To je otvoreni kod čija je prva verzija objavljena početkom 2013. godine i još se intenzivno razvija. Predstavlja dobar primjer izvrsne organizacije globalnog računalnog projekta. Koristi se kao nadogradnja na poznate biblioteke NumPy, SciPy i Matplotlib. Sadrži podršku za fizičke jedinice i njihovu konverziju, konstante, koordinatne sustave, fitanje podataka, kozmološke modele, tablice, specijalne formate datoteka, itd. Za ovaj diplomski je planirano upoznavanje sa strukturom paketa Astropy i primjena rutina za pristup podacima na Webu.		
<b>Smjerovi:</b>	prof. fizike, prof. fizike i informatike		

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Diskovi kozmičke prašine

**Sadržaj teme:**

Kozmička prašina se nalazi u blizini Zemlje i ekstrasolarnih planeta, u međuzvezdanom prostoru, oko zvijezda i aktivnih galaktičkih jezgri. Sastoji se od mikro i nanočestica koje su po kemijskom sastavu silikati, oksidi i materijali na bazi ugljika. Teleskopi koji opažaju u infracrvenom području spektra su prikupili puno podataka o kozmičkoj prašini. Te podatke nije lako analizirati. Zbog toga je organiziran Citizen science projekt (tj. projekt znanosti za građanstvo) "Disk detective" koji je poznat i pod imenom "Find the birthplace of planets". Zainteresirani građani (tj. osobe koje ne moraju biti znanstvenici) pristupaju slikama na Webu koje je snimio WISE all-sky projekt pregleda neba i na slikama vizualnom selekcijom traže prašinu oko zvijezda gdje nastaju planeti. Za diplomski rad je predviđeno upoznavanje s osobinama kozmičke prašine i rad na projektu "Find the birthplace of planets".

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Rendgenski spektri ugljikovih nanočestica u Svemiru

**Sadržaj teme:**

Planiran je račun rendgenskog spektra ugljikovih nanočestica primjenom kvantne teorije funkcionala gustoće. Zanimaju nas nanočestice za koje se zna, ili se može pretpostaviti, da postoje u Svemiru. Predviđeno je i upoznavanje s osnovama rendgenske astronomije.

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

**Mentor:** dr. sc. Aleksa Bjeliš

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Gibanja zvrkova čiji tenzor tromosti malo odstupa od simetričnog

**Sadržaj teme:**

Gibanje zvrkova, kako slobodnih, tako i onih na podlozi s kojom imaju jednu dodirnu točku i pod djelovanjem su sile teže, jedno je od najzanimljivih područja klasične mehanike jer omogućava analizu utjecaja simetrije zvrka na njegove moguće putanje. Naročito je zanimljiv prijelaz sa simetričnih zvrkova na asimetrične zvrkove s malim odstupanjem od simetričnosti. U integrabilnom problemu slobodnih zvrkova tom prijelazu odgovara prijelaz s jednostavnog precesijskog gibanja na fazni portret koji sadrži i nestabilne trajektorije. Puno je teži problem gibanja na podlozi, u kojem s uvođenjem asimetričnosti jednadžbe gibanja postaju neintegrabilne (uz jedinstvenu iznimku zvrka Kowalewske), tako da su u faznom portretu prisutne kaotične putanje. Tema rada je detaljna analiza navedenih prijelaza, uz pokušaj primjene Kolmogorov-Arnold-Moserovog teorema na karakterizaciju osobina faznog portreta asimetričnog zvrka na podlozi.

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

**Mentor:** dr. sc. Aleksa Bjeliš

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Novi mehanizmi uspostave valova gustoće naboja i spina

**Sadržaj teme:**

Valovi gustoće naboja i spina vrlo su česta osnovna stanja u mnogim skupinama materijala reducirane dimenzionalnosti koje se danas intenzivno istražuju i imaju niz potencijalnih tehnoloških primjena (lančasti anorganski i organski vodiči, kuprati s visoko-temperaturnom supravodljivošću, grafske i interkalirane grafitne strukture, i t. d.). Naročito su aktualna uređenja inducirana jakim vanjskim ili efektivnim magnetskim poljima. Istraživačka skupina kojoj pripadam u novije vrijeme naročito istražuje modulacije stabilizirane probojem u magnetskom polju, koje smo nedavno predložili kao novi mehanizam.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Dubinsko profiliranje lakih elemenata korištenjem nuklearnih reakcija s  $^3\text{He}$

**Sadržaj teme:**

Nuklearne reakcije  $d(^3\text{He},p)^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}(^3\text{He},p)^{14}\text{N}$ ,  $^{16}\text{O}(^3\text{He},p)^{18}\text{F}$  dobra su alternativa (d,p) reakcijama za dubinsko profiliranje koncentracija lakih elemenata u slučaju kada snop deuterija ili nije dostupan u laboratoriju ili se žele izbjeći problemi vezani uz aktivaciju dijelova akceleratorskih cijevi i kolimatora. Svi ovi elementi mogu se lijepo dubinski profilirati korištenjem Time-of-Flight Elastic Recoil Detection Analysis (ToF ERDA) tehnike ali samo u području tik uz površinu uzorka (maksimalno 500 nm u dubinu). U slučaju da se žele mjeriti dubinski profili lakih elemenata u većim dubinama uzorka, idealne su nuklearne reakcije s  $^3\text{He}$ , posebno za materijale koji služe kao nutarnje oplata fuzijskih reaktora tzv. plazma facing components (PFC). U ovom radu napraviti će se eksperimentalni postav za dubinsko profiliranje lakih elemenata korištenjem  $^3\text{He}$  reakcija na Tandem Van de Graaff akceleratoru na Institutu Ruđer Bošković. Teorijski i eksperimentalno istražiti će se parametri potrebni za optimizaciju postava što se tiče dubinske rezolucije, osjetljivosti i maksimalne dubine koja se može analizirati. Također mjeriti će se dubinski profili lakih elemenata u materijalima koji se koriste za PFC.

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Bosnar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Distribucija gama zraka kod raspada pozitronija

**Sadržaj teme:**

Elektron i pozitron mogu tvoriti nestabilno vezano stanje - pozitronij. Ovisno o spinu vezanog stanja moguć je raspad na dvije gama zrake (para-pozitronij), odnosno tri gama zrake (orto-pozitronij) s različitim vremenima života i vjerojatnostima raspada. Pozitronij je od otkrića bio pogodan sustav za ispitivanje temeljnih zakona fizike. U diplomskom će se razviti simulacija za distribuciju gama zraka kod raspada pozitronija i odrediti efikasnost detekcije sustavom  $\text{CeBr}_3$  detektora.

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Bosnar

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Optimizacija modela pozitronske emisijske tomografije (PET)

**Sadržaj teme:**

Na Fizičkom odsjeku izgrađen je demonstracijski PET sustav (Positron Emission Tomography) od 48 BaF2 detektora. Jedna od karakteristika sustava je mogućnost određivanja razlike vremena proleta (ToF) emitiranih gama zraka kod pozitronske anihilacije, što se koristi kod najnovijih kliničkih PET sustava za smanjivanje šuma i poboljšanja kvalitete slike. Za kvalitetno određivanje vremenske razlike u detekciji gama zraka potrebni su kvalitetni i dobro optimizirani diskriminatori. U diplomskom će se ispitati signali iz detektora i optimizirati diskriminatori za postizanje najbolje vremenske rezolucije. Rekonstruirat će se slika od nekoliko pozitronskih izvora različite aktivnosti.

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Sintetička magnetska polja za atome i fotone

**Sadržaj teme:**

U okviru diplomskog rada dizajnirati ćemo i konstruirati umjetne sustave u kojima će ponašanje ultrahladnih atomskih plinova (na 10nK i niže) i/ili fotoničkih sustava biti analogno ponašanju elektrona u magnetskom polju. Zanimaju nas ultrahladni atomski plinovi i fotonički kristali. Ovi sustavi pobudili su veliko zanimanje znanstvenika u posljednjih nekoliko desetljeća. Uvodeći sintetička (pseudo-magnetska) polja u te sustave otvorilo bi put emulaciji kvantnih elektronskih sustava sa atomima ili fotonima. U fotonici je dosta veliki naglasak stavljen i na potencijalnu primjenu novih otkrića.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)



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

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Priprava i karakterizacija samouređenih nanočestica u staklu

**Sadržaj teme:**

Sadržaj teme: Materijali bazirani na prostorno uređenim nanočesticama iznimno su zanimljivi zbog posebnih svojstava i velikih mogućnosti primjene u nanotehnologiji. Naša grupa je nedavno razvila novu metodu priprave takvih materijala, koja omogućava da se nanočestice uređuju u pravilne trodimenzionalne rešetke unutar staklenih matrica (podloga). Tema diplomskog rada je priprava jednog takvog materijala metodom magnetronskog rasprašenja, opis njegove strukture metodom GISAXSa (grazing incidence small angle x-ray scattering), te mjerenja osnovnih električnih i optičkih svojstava. U okviru teme bi se pripravila serija (3-5 uzoraka) tankih višeslojnih filmova sastavljenih od Ge ili Ge/Si nanočestica u staklenoj Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ili SiO<sub>2</sub> ili ITO matrici, gdje bi se varirali uvjeti depozicije (temperatura, debljina slojeva ili volumni udio poluvodičkih materijala). Istraživala bi se ovisnosti oblika, veličine i prostornog rasporeda nanočestica o uvjetima priprave. Ta strukturna svojstva odredila bi se analizom GISAXS mjerenja na pripremljenim uzorcima. Za analizu postoji uhodani program za simulaciju eksperimentalno izmjerenih podataka. Dobivena strukturna svojstva bi se koristila za određivanje kvalitete samouređenja nanočestica u tim materijalima, te objašnjenje njihovih optičkih i transportnih svojstava. Znanstveni radovi nedavno objavljeni iz tog područja dostupni su na <http://bib.irb.hr/lista-radova?autor=242416>

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

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

**Institucija:** IRB

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

**Sadržaj teme:**

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

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Saša Ceci

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Temeljna svojstva rezonancija

**Sadržaj teme:**

Rezonancije su kratkoživuće čestice koje nastaju u raznim nuklearnim i čestičnim procesima. Glavna

karakteristika im je da ih možemo ih detektirati direktno jer se izuzetno brzo raspadaju. Zbog toga njihova svojstva određujemo analizom produkata njihovog raspada. U rezonancije spadaju i elementarne čestice poput Z bozona, kao i mnoge čestice s unutarnjom strukturom, primjerice Delta rezonancija (prvog pobuđeno stanja nukleona).

Glavni objekt u našem istraživanju je amplituda raspršenja za procese u kojima se pojavljuju rezonancije. Tu amplitudu modeliramo na nekoliko zapravo vrlo jednostavnih načina, namećemo na nju najvažnije fizikalne zahtjeve, prilagođavamo je na eksperimentalne podatke i, u konačnici, iz nje određujemo temeljna svojstva rezonancija.

Istraživanja u koja bismo uključili diplomanda vode se u tri glavna smjera i ona ili on mogu odabrati jedan prema svojim afinitetima:

1) primjena (i provjera) trenutačnog modela na zanimljivim rezonancijama koje još nismo analizirali

Tu ima dosta posla, ali nije previše zahtjevno jer svi modeli i programi već postoje. Diplomand će naučiti dobro raditi prilagodbe teorijskih krivulja na eksperimentalne podatke. Preporučamo za nastavne smjerove, ali i za kolege s istraživačkog smjera ako su zainteresirani za rad u ovom području fizike, jer će se dobro upoznati s postojećim eksperimentalnim grupama i njihovim rezultatima.

2) unaprjeđivanje našeg jednostavnog modela kako bi dobro opisivao više rezonancija koje se preklapaju

Naša grupa je razvila nekoliko takvih pristupa i ovdje ćemo to pokušati sistematizirati; diplomand će naučiti nešto više o svojstvima matrica (jer amplituda raspršenja je matrica). Tako ćemo nametati unitarnost, dijagonalizirati ćemo razne matrice i rješavati matricne jednadžbe. Preporučeno za istraživački smjer, ali i za kolege s nastavnih smjerova kojima je linearna algebra bila zanimljiva.

3) unaprjeđivanje našeg jednostavnog modela uključivanjem ponašanja na pragu reakcije

Naša grupa je, kao što je već spomenuto, razvila i nekoliko kompleksnijih modela koji imaju dobro ponašanje na pragu, a sada to znanje pokušavamo sistematizirati i primijeniti na jednostavnom i učinkovitom modelu koji smo nedavno razvili. Amplitudu promatramo kao kompleksnu funkciju energije, i ona na pragu reakcije ima točku grananja te rezove koji se protežu duž osi apscise (energije). Preporučeno za istraživački smjer, ali za kolege s nastavnih smjerova kojima je kompleksna matematička analiza sa svojim polovima i reziduumima, rezovima i točkama grananja bila zanimljiva.

#### Literatura

Preporučeni udžbenici i stariji radovi u kojima su detaljno opisani modeli dostupni su kod voditelja, a istraživanje se temelji na radovima Ceci, Korolija i Zauner, Phys. Rev. Lett. 111, 112004 (2013) te Ceci, Vukšić i Zauner, arXiv:1408.2437v1 [hep-ph].

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

**Mentor:** dr. sc. Maro Cvitan

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Podudaranje fizike crnih rupa i fizike fluida

**Sadržaj teme:**

U određenom režimu AdS/CFT korespondencije pojavi se podudaranje između gravitacijske fizike crnih rupa u AdS volumenu i fizike relativističkih fluida na rubu tog volumena. Literatura: Phys.Rev.Lett. 103 (2009) 191601; L.D.Landau i E.M.Lifshitz, Fluid Mechanics, Pergamon, New York (1959).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Marko-Tomislav Cvitaš

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Instanton metoda za kvantnu dinamiku molekulskih sustava

**Sadržaj teme:**

Računi kvantne dinamike u molekulskim sustavima numerički su prezahtjevni čak i za sustave od svega nekoliko atoma. Zbog toga se pribjegava aproksimativnim metodama. Jedna od tih koja u zadnje vrijeme dobiva na popularnosti je instanton metoda, kojom se može računati brzina dinamičkog procesa u režimu dubokog tuneliranja (ispod energetske barijere) i energetski procjep osnovnog kvantnog stanja u simetričnim molekulskim sustavima.

Instanton metoda temelji se na izračunu dominantnog doprinosa kvantnoj particijskoj funkciji koji dolazi od gibanja sistema po putanji s minimalnom euklidskom akcijom (u pristupu baziranom na integralu po stazama). Nedavno smo osmislili efikasni algoritam koji nam omogućuje da pronadjemo takvu putanju na  $T = 0$  K, te ga primijenili na računanje energetskog procjeka osnovnog stanja u molekuli malonaldehida.

Moguće teme za diplomski rad su: 1) Izračun energetskog procjeka u nekim relevantnim molekulskim sustavima iz prvih principa (ab initio).

2) Modifikacija gornjeg algoritma za izračun brzina kemijskih reakcija koje se odvijaju tuneliranjem (tj. proširenje na  $T > 0$  K).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Marko-Tomislav Cvitaš

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Identifikacija koničnih presjeka u molekulskim sustavima

**Sadržaj teme:**

U Grupi za teorijsku kemiju IRB-a razvijaju se procedure za mapiranje ploha potencijalne energije osnovnog i pobuđenih elektronskih stanja tehnološki i biološki relevantnih molekulskih sustava. Mapiranje višedimenzionalnog šava koničnih presjeka, tj. geometrija u kojima se dvije potencijalne plohe sijeku, je ključno za razumijevanje neradiativnih fotofizičkih procesa, kao što je npr. elektronska relaksacija DNA.

Kao tema diplomskog rada predlaže se implementacija numeričkog algoritma za nalaženje šava koničnih presjeka temeljena na metodi gurane elastične vrpce (Nudged Elastic Band). Metoda je razvijena za nalaženje puta minimalne energije na višedimenzionalnim ploham potencijalne energije između dva stabilna stanja, te je za mapiranje šava koničnih presjeka potrebno njeno proširenje na slučaj minimalne razlike energija dviju ploha. Implementirana metoda primijeniti će se na molekulama furana ili adenina, te će služiti za interpretaciju dinamike u tim sustavima, koji se trenutno proučavaju unutar Grupe.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IFS

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

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IFS

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

**Sadržaj teme:**

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

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

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Utjecaj uređenosti zapisa na smetnje u digitalnoj holografiji

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Andreja Gajović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Tanki slojevi titanatnih nanocjevčica modificiranih srebrnim nanočesticama

**Sadržaj teme:**

Nanostrukturirani titanati (nanocjevčice, nanožice, nanočestice) predstavljaju jedinstvenu kombinaciju strukturnih, fizičkih i kemijskih svojstava. Velika specifična površina u kombinaciji s dobrim interkaliranjem i ionskom izmjenom daju im svojstva koja su vrlo pogodna za primjenu u pretvorbi sunčane energije, u heterogenoj katalizi, kao materijali za elektrode, te za detektore plinova. U diplomskom radu će se titanatne nanocjevčice dobivene hidrotermalnom reakcijom i modificirane srebrom različitim metodama nanositi na površinu vodljivog stakla, te će se istraživati struktura i morfologija dobivenih tankih slojeva. Kao osnovna metoda za istraživanje strukture tankog sloja će se primjenjivati Ramanova spektroskopija u mikro-Raman konfiguraciji, a za određivanje morfoloških svojstava elektronska mikroskopija. Elektronskom mikroskopijom bi se istražile i dobivene modificirane nanocjevčice prije nanošenja na vodljivo staklo. Određivat će se temperaturna stabilnost sloja primjenom ramanskih eksperimenata in situ na različitim temperaturama čime će se upoznati rad višenamjenske „Linkam“ temperaturne ćelije (-190 - 600 °C), te će se analizirati utjecaj temperaturnih uvjeta u okolini na vibracijska svojstva materijala. Stoga će se analiza dobivenih podataka izvoditi kompjuterskom obradom spektara (LabSpec, Origin) uz primjenu principa vibracijske spektroskopije te proučavanjem dostupne literature.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Andreja Gajović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Ramanova spektroskopija nanokompozita za koštane implantate

**Sadržaj teme:**

Titan i njegove legure kao i keramike na bazi  $ZrO_2$  i  $Al_2O_3$  se zbog svoje otpornosti prema koroziji, mehaničkih svojstava i biokompatibilnosti, koriste se za izradu različitih ortopedskih implantata. Kako njihova bioaktivnost nije zadovoljavajuća za sve primjene, danas su istraživanja uglavnom usmjerena na poboljšavanje bioaktivnosti implantata modifikacijom njihove površine. Za razliku od titana i keramika, kalcijevi fosfati (CaP) su biokompatibilni i bioaktivni, te se koriste kao presvlake za implantate od titana ili keramike pri čemu je od ključne važnosti postići trajno vezanje CaP na površinu implantata. Cilj ovog diplomskog rada je primijeniti metodu Ramanove spektroskopije za karakterizaciju novih nanostrukturiranih materijala za implantate, te za istraživanje mehanizama vezanja različitih CaP na modificiranu površinu materijala za implantate. Istraživat će se vezanje CaP na uređeni sloj  $TiO_2$  nanocjevčica pripremljenih anodizacijom površine titana, te na  $ZrO_2/Al_2O_3$  mikroporozne keramika. Diplomski obuhvaća djelomičnu pripravu uzoraka, upoznavanje Ramanove spektroskopije kao osnovne metode i elektronske mikroskopije kao dodatne metode karakterizacije. Predviđa se rad u mikro-Raman konfiguraciji uz optimizaciju uvjeta snimanja ovisno o materijalu koji se istražuje. Važnost ovog istraživanja leži u činjenici da je Ramanova spektroskopija prvi korak u praćenju mehanizma sinteze multifunkcionalnih nanokompozita koji mogu poslužiti i za kontroliranu isporuku lijekova ili bioaktivnih molekula. U Laboratoriju za molekulsku fiziku već se niz godina istražuju funkcionalni materijali kao što su nanostrukture metalnih oksida i funkcionalne oksidne keramike, a ovim radom se proširuje područje prema nanokompozitima za biomedicinske primjene.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Andreja Gajović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** BaTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> nanostrukture i fazni prijelazi

**Sadržaj teme:**

U diplomskom radu bi se primjenom Ramanove spektroskopije istraživali temperaturno ovisni fazni prijelazi u heterostrukturi BaTiO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> dobivenoj hidrotermalnim procesiranjem uređenog sloja TiO<sub>2</sub> nanocjevčica u otopini barijeve soli. Očekuje se nastanak BaTiO<sub>3</sub> različitih strukturnih i morfoloških svojstava ovisno o uvjetima pripreme. Ramanovom spektroskopijom bi se detektirala prisutnost različitih kristalnih struktura BaTiO<sub>3</sub> ovisno o dimenzijama nanostrukture i njihovoj morfologiji. Morfologija bi se određivala elektronskom mikroskopijom. Posebno je zanimljiva detekcija tetragonske (feroelektrične) faze s omjerom dužina kristalnih osi  $c/a \approx 1$  koju je vrlo teško razlikovati od kubične (paraelektrične) faze primjenom difrakcijskih tehnika. Kako bi se istražila ovisnost strukturnih svojstava o morfološkim svojstvima heterostrukture, pratila bi se promjena ramanskih vrpca s promjenom temperature, te bi se uočavali strukturni fazni prijelazi u BaTiO<sub>3</sub>. Ovo istraživanje se nadovezuje na dosadašnja naša istraživanja objavljena u članku Appl. Phy Letter 105 (2014) ; 152101-1-152101-5, a svrha je detaljna karakterizacija i optimizacija materijala koji je pokazao vrlo visoku postojanu fotovodljivost. Dobiveno svojstvo postojane fotovodljivosti dobiveno u prethodnim istraživanjima može se iskoristi za stvaranje holografske memoriju u računalima, čime se znatno povećava njihov kapacitet za spremanje podataka. Rad obuhvaća upoznavanje Ramanove spektroskopije uz korištenje Horiba Jobin Yvon ramanskog sistema s multikanalnim detektorom, te rad u mikro-Raman konfiguraciji uz optimizaciju uvjeta snimanja. Prilikom ramanskih eksperimenata in situ na različitim temperaturama upoznat će se rad višenamjenske „Linkam“ temperaturne ćelije (-190 - 600 °C). Analiza dobivenih podataka bi se izvodila kompjuterskom obradom spektara (LabSpec, Origin) uz primjenu principa vibracijske spektroskopije te proučavanjem dostupne literature.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Igor Gašparić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Simulacije odziva detektora brzih neutrona

**Sadržaj teme:**

Atomske jezgre s velikom asimetrijom u broju protona i neutrona, kao i nevezana stanja nukleona interesantni su za proučavanje svojstava nuklearne sile, strukture jezgara i nuklearne tvari. Uz to, ova istraživanja su neophodna za opisivanje i objašnjavanje astrofizičkih procesa poput nukleosinteze u eksplozijama zvijezda ili dinamike neutronske zvijezde. Te vrlo kratkoživuće jezgre i nevezana stanja eksperimentalno se mogu proučavati samo na modernim postrojenjima za proizvodnju snopova radioaktivnih jezgara. Predložena tema diplomskog rada usko je vezana s realizacijom trenutno najopsežnijeg znanstvenog projekta FAIR (<http://www.fair-center.eu/>), točnije njegove nuklearne komponente NuSTAR, odnosno detektora neutrona NeuLAND (New Large-Area Neutron Detector, <http://www.fair-center.de/fileadmin/fair/experiments/NUSTAR/Pdf/TDRs/NeuLAND-TDR-Web.pdf>). Detekcija brzih neutrona u nuklearnim reakcijama korisno je oruđe u proučavanju jezgara, osobito onih bogatih neutronima. Budući da su neutroni električno neutralni, izrada neutronske detektora velike efikasnosti i iznimne prostorne i vremenske moći razlučivanja predstavlja osobiti izazov. Za uspješan rad na detektoru potrebno je dobro upoznati njegovo ponašanje opsežnim testiranjem kako svih osnovnih komponenti, tako i cijelog detektora. Pri tome je neophodno razviti i koristiti software za simulacije odziva detektora. Zadatak studenta će biti upoznavanje i rad na razvoju programskog paketa za simulacije odziva detektora, konkretno na algoritmima prepoznavanja višeneutronske događaja. Student će steći znanja i vještine u problematici djelovanja neutrona na materiju, osnovama istraživanja s radioaktivnim snopovima, upoznati se s radom scintilacijskih detektora, te obradom velike količine podataka i radom na simulacijama što otvara sjajne mogućnosti za nastavak rada u eksperimentalnoj nuklearnoj fizici.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)



**Mentor:** dr. sc. Matko Glunčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Oscilacije kinetohora u metafazi

**Sadržaj teme:**

Za pravilnu podjelu genetskog materijala potrebno je da se sestrinske kromatide svakog kromosoma vežu na mikrotubule putem kinetohora, proteinskih kompleksa na kromosomu, nakon čega ovaj sustav oscilira oko ekvatorijalne ravnine diobenog vretena. Oscilacije kinetohora primijećene su u različitim organizmima od kvasca do sisavaca. Te se oscilacije javljaju dok stanica provjerava jesu li sve kinetohore ispravno spojene, što je spoznato kao kontrolna točka diobenog vretena. Stoga je važno razumjeti mehanizam oscilacija kinetohora, kako bi se razjasnilo kako stanica regulira sile napetosti između sestrinskih kinetohora. Oscilacije kinetohora ovise o dinamici mikrotubula, koja uključuje rast mikrotubula i njihovo skraćivanje. Ta svojstva mikrotubula reguliraju proteini poput motora kinezina-8, za koje je pokazano da potiču katastrofu mikrotubula i njihovo skraćivanje. Međutim, uloga kinezina-8 u oscilacijama još uvijek nije teorijski istražena. Cilj ovog istraživanja je otkriti ulogu kinezina-8 u oscilacijama koristeći teoriju srednjeg polja kojom će se opisati prostorno-vremensko ponašanje molekularnih motora i mikrotubula, odnosno signalnih proteina. Očekujemo da će takva teorija rezultirati skupom Fokker-Planckovih jednadžbi, koje će se rješavati numerički metodom konačnih razlika. Sljedeći je korak identifikacija oscilacija te istraživanje parametarskog prostora. Numerički će se identificirati točke u kojima dolazi do bifurkacije korištenjem analize stabilnosti lineariziranog sustava. Kako bi se sustavno istražio parametarski prostor, također će se analitički riješiti jednadžbe. Da bi to bilo moguće, bit će potrebno pojednostaviti model zadržavanjem samo ključnih članova u jednadžbama.

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

**Mentor:** dr. sc. Matko Glunčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje kolektivnog djelovanja staničnih motora

**Sadržaj teme:**

Molekularni motori, djelujući silama na mikrotubule, reguliraju položaj diobenog vretena, položaj centrosoma tijekom interfaze, te upravljaju oscilatornim gibanjem jezgre u profazi mejoze. Općenito je zanimljivo kako populacija motora zajedničkim djelovanjem uzrokuje ova usklađena gibanja. U ovom istraživanju teorijski ćemo proučavati dinamiku raspodjele dineina, koji pokreću oscilatorno gibanje jezgre, tijekom profaze mejoze u stanicama kvasca. Ove oscilacije su nužne za sparivanje kromosoma, rekombinaciju, te održivost spora. Studenti će raditi na razvoju teorijskog modela (statistička fizika i klasična mehanika) koji će uključivati dinamiku raspodjele dineina. Rezultati će nam omogućiti razumijevanje fizikalnih procesa koji dovode do oscilacija jezgre u stanici. Također, studenti će razviti stohastičku kompjutersku simulaciju za različit broj motora kako bi provjerili utjecaj fluktuacija broja motora na oscilacije jezgre.

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

**Mentor:** dr. sc. Mihael Grbić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Proučavanje promjene simetrije Fermijeve plohe elementalnog bizmuta metodom nelinearne vodljivosti

**Sadržaj teme:**

Nedavno je uočeno da se u elementalnom bizmutu javlja promjena simetrije Fermijeve plohe prilikom promjene temperature i/ili magnetskog polja. Porijeklo ove promjene nije sasvim očito, no podsjeća na topološke izmjene stanja viđane u teškim fermionima i sustavima topoloških izolatora u ovisnosti o tlaku. Cilj diplomskog rada je promatranje ovog prijelaza pomoću metode nelinearne vodljivosti u monokristalu bizmuta kako bi se pokušao odgonetnuti mehanizam i priroda prijelaza.

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

**Mentor:** dr. sc. Mihael Grbić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Proučavanje magnetizma u kagome spoju  $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$

**Sadržaj teme:**

Spojevi čija kristalna struktura karakterizira dvodimenzionalna kagome rešetka imaju poseban položaj u fizici frustriranog magnetizma zbog jakih korelacija koje potiskuju svaki dugodosežan red. Nedavno je teorijski predviđeno da bi porast Dzyaloshinskii-Moriya (DM) interakcije među spinovima na kagome rešetci mogao uzrokovati dugodosežno uređenje, no još nije nađena eksperimentalno ostvarenje takvog stanja. U spojevima  $\text{M}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$  ( $\text{M} = \text{Rb}, \text{Cs}$ ) dugodosežni red nastupa za slučaj Cs, ali ne i Rb, što znači da su sustavi blizu kvantnog prijelaza red-nered. Tema diplomskog rada obuhvaća NMR istraživanja spoja  $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$  gdje se očekuje porast DM interakcije zbog porasta kemijskog tlaka uzrokovanog ubacivanjem velikih Cs atoma u rešetku. Cilj je okarakterizirati uzorak na sobnom tlaku promatrajući razvitak magnetizma i intrinzičnih pobuđenja ispod temperature prijelaza TN.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Davor Horvatić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Fizikalne osnove Teslinog bežičnog prijenosa energije

**Sadržaj teme:**

Diplomski rad uključuje detaljnu razradu fizikalnih osnova Teslinog bežičnog prijenosa energije kao i izradu demonstracijskog uređaja koji se može koristiti u nastavi. U pojednostavljenom smislu Teslin sistem je elektrodinamička varijanta vezanih njihala. Uzemljeni predajnik je spojen na izvor izmjenične struje, a svi udaljeni pasivni uzemljeni prijemnici rezonancom mogu izvlačiti energiju. Osnovni medij prenosa energije je Zemlja (Planet Zemlja kao vodljiva kugla). Pomoćni medij je zrak. Zrak kao dielektrik, plazma i ionosfera tvori vanjski plašt sfernog kondenzatora oko Zemlje. Praktična izvedba bežičnog predajnika energije postiže se pomoću rezonatora, koji je ustvari zavojnica s kuglom na vrhu, precizne geometrije, a pogonjen je izvorom izmjeničnog magnetskog polja B iz primarnog LC kruga. Njegova frekvencija odgovara rezonantnoj frekvenciji pri kojoj se stvara stojni elektromagnetski val na četvrtini valne duljine uzduž osi sekundarne zavojnice - rezonatora koji je uzemljen. Rezonator prijemnika treba ugoditi na frekvenciju koja odgovara frekvenciji predajnika da se postigne maksimalni prijenos energije. Sama valna dužina u prijemniku ovisi o izboru geometrije i materijala prijemnika i ne mora biti ista kao od predajnika, samo je frekvencija bitna. Energija se prenosi uzemljenjem pri čemu vrijedi običan Ohmov zakon za izmjeničnu struju  $I = U/Z$ , gdje je Z impedancija uzemljenja pretežno ohmskog karaktera. Taj dio Teslinog rada često podložan krivim interpretacijama, pa ćemo u diplomskom radu obuhvatiti i neke klasične pogrešne predodžbe.

**Smjerovi:** prof. fizike i tehnike

**Mentor:** dr. sc. Saša Ilijić

**Institucija:** FER

**Naslov teme:** Neminimalno vezanje skalarnog polja u teleparalelnoj gravitaciji

**Sadržaj teme:**

Teleparalelna gravitacija je alternativna teorija gravitacije koja je, u svom osnovnom obliku, ekvivalentna općoj teoriji relativnosti. Međutim, već pri jednostavnim proširenjima te teorije, ona gubi svoja "dobra" svojstva. U predloženom diplomskom radu bi se razmotrilo (neminimalno) vezanje skalarnog polja i skalara torzije, a koje dovodi do gubitka invarijantnosti jednadžbi gibanja u odnosu na Lorentzove transformacije tetrade. (Tetrada je dinamički objekt ove teorije, a skalar torzije zauzima mjesto koje u Einstein-Hilbertovoj akciji ima skalar zakrivljenosti.) Kao primjer konstruiralo bi se statične sferno-simetrične konfiguracije nabijenog, neminimalno vezanog skalarnog polja (tzv. Bozonske zvijezde) u prostorvremenu dimenzije  $3+1$  i  $4+1$ .

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Ivek

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Dielektrična svojstva organskog vodiča niske dimenzionalnosti

**Sadržaj teme:**

Svojstva nekog novog materijala najizravnije se mogu odrediti njegovim pobuđivanjem i zatim promatranjem odziva. Gotovo se svaki eksperiment konceptualno svodi na takav pristup, uključujući različite spektroskopske metode kao što su ARPES, NMR, infracrvena ili Ramanova spektroskopija. Dielektrična spektroskopija jest jedna od tehnika koja omogućava mjerenje vodljivosti i kapaciteta uzoraka u širokom rasponu frekvencija mHz – MHz i time ispituje stanje naboja odn. električnih dipola u materijalu. Ispostavlja se da upravo u tom frekventnom rasponu svoj karakteristični potpis bogat informacijama ostavljaju određena nova elektronska stanja kao što su elektronska feroelektričnost, valovi gustoće ili uređenja naboja.

U ovom diplomskom radu odredit ćemo dielektrična svojstva materijala iz obitelji niskodimenzionalnih molekulskih vodiča s konačnim ciljem da opišemo osnovno stanje na niskim temperaturama. Ta ćemo mjerenja popratiti karakterizacijom dc otpora i magnetske susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi. Student će u laboratorijskom radu ovladati vakuumskim i krio-tehnikama kojima se dosežu temperature sve do 4 K. Kroz praksu naučit će detalje eksperimentalnih tehnika dc električnog transporta i dielektrične spektroskopije, te mjerenja magnetske susceptibilnosti Faradayevom metodom.

Tematika diplomskog rada usko je vezana za istraživački projekt HRZZ-a "Strongly Correlated Electrons in Layered Organics and Manganites: Low Frequency Excitations and Non-linear Dynamics" (više informacija: <http://sceinlom.ifs.hr/>).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Vesna Janicki

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Utjecaj magnetskog polja na rast slojeva s metalnim otočićima

**Sadržaj teme:**

Kompozitni materijali koji se sastoje od metalnih nanočestica u dielektričnom sredstvu imaju jedinstvena optička svojstva zahvaljujući oscilacijama slobodnih elektrona u metalu, poznatim kao rezonancija površinskih plazmona. Fenomen rezonancije površinskih plazmona pronalazi primjenu u mnogim tehničkim i istraživačkim područjima, od medicine do telekomunikacija [1]. Metalni slojevi na dielektričnim podlogama započinju rasti u obliku metalnih otočića. Ovi otočići rastu s povećanjem mase metala nanesenog na podlogu, te se počinju dodirivati, stapati i povezivati u kontinuiranu mrežu [2]. Takav proces povezivanja se zove perkolacija. Pokazano je da je moguće značajno sniziti količinu metala potrebnog za perkolaciju poboljšanjem kvašenja podloge tako da se ona prethodno pokrije nanometarskim slojem Ge [3]. Slojevi s metalnim otočićima se mogu dobiti tehnikom naparavanja pomoću elektronskog topa. Tako dobiveni otočići su slučajno raspoređeni po površini podloge, neujednačenih veličina i nepravilnog oblika [4].

Diplomski rad koji se ovdje predlaže fokusira se na utjecaj magnetskog polja na rast slojeva s metalnim otočićima, a kroz analizu optičkih i strukturnih mjerenja. Ovaj projekt će se izraditi u okviru tekućeg istraživanja na Zavodu za laserska i atomska istraživanja i razvoj Instituta Ruđer Bošković. Cilj je utvrditi vodi li rast metalnih otočića u magnetskom polju do njihova izduljenja, tj. pojave anizotropnosti u sloju. U slučaju pojave anizotropnosti istražiti će se gubi li se ili smanjuje tako nastala anizotropija nakon uklanjanja magnetskog polja, te utječe li sloj Ge na dinamiku ovog procesa. Zadatci koji treba izvršiti za ovaj diplomski rad uključuju i) sudjelovanje u pripremi uzoraka, ii) optička mjerenja uzoraka korištenjem spektrofotometrijske i elipsometrijske tehnike, te iii) analizu optičkih i strukturnih mjerenja radi donošenja konačnih zaključaka.

[1] H.A.Atwater, "The promise of plasmonics" Scientific American 296 (4) 56-63 (2007). [2] N. Kaiser, "Review of the fundamentals of thin-film growth", Appl. Opt. 41, 3053-3060 (2002). [3] W. Chen, M. D. Thoreson, S. Ishii, A. V. Kildishev, V. M. Shalaev, "Ultra-thin ultra-smooth and low-loss silver films on a germanium wetting layer", Opt. Exp. 18, 5124-5134 (2010). [4] M. Lončarić, J. Sancho-Parramon, M. Pavlović, H. Zorc, P. Dubček, A. Turković, S. Bernstorff, G. Jakopic, A. Haase, "Optical and structural characterization of silver islands films on glass substrates", Vacuum 84, 188-192 (2010).

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

**Mentor:** dr. sc. Marko Karlušić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Razvoj postava za mjerenje niskih doza ionskog snopa

**Sadržaj teme:**

Jedna od metoda nanostrukturiranja materijala jest proizvodnja ionskih tragova teškim ionima energija blizu 1 MeV/amu. Primjerice, komercijalne „track etch membranes“ proizvode se ozračavanjem polimernih filmova i naknadnim jetkanjem oštećenog materijala. Tim procesom dobivene membrane imaju nanopore vrlo uske distribucije veličina (Radiat. Meas. 34 (2001) 559), te je poroznost membrane definirana primjenjenom dozom ionskog snopa. Ionski snopovi koje je moguće dobiti na akceleratorском sustavu IRBa omogućuju proizvodnju membrana u materijalima koji nisu komercijalno dostupni. Međutim, kako se pore proizvode zračenjem materijala vrlo niskim strujama ionskog snopa, koje je teško mjeriti direktno, od interesa je razviti sustav za pouzdano mjerenje niskih doza ionskog snopa što bi se realiziralo kroz izvođenje diplomskog rada.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Marko Karlušić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Validacija analitičkog modela termalnog vala za opis ionskih tragova

**Sadržaj teme:**

Ionski tragovi su oštećenja u materijalu uzrokovana prolaskom teških iona visokih energija. Zbog nano-dimenzija, opažaju se metodama poput transmisijskog elektronskog mikroskopa (tragovi u materijalu) odnosno mikroskopa atomskih sila (tragovi na površinama materijala). Unatoč mnoštvu eksperimentalnih podataka dostupnih u literaturi, postojeće razlike između modela koji opisuju formiranje ionskih tragova su otvoren problem (Phys. Rev. B 85 (2012) 054112). Cilj ovog diplomskog rada je usporediti predviđanja analitičkog modela termalnog vala (Phys Rev. B 51 (1995) 8026) s eksperimentalnim podacima novijeg datuma.

**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:** Slomljene QCD simetrije  $SU_A(3)$  i  $U_A(1)$ , te njihovo obnavljanje

**Sadržaj teme:**

Kvantna kromodinamika kvarkova i gluona (QCD) dovodi do vrlo složene hadronske fenomenologije. Nobelove su nagrade dodijeljene za kromodinamiku u perturbativnom režimu, ali je neriješena ostala neperturbativna kromodinamika. Upravo je ona ključna za razumijevanje kako gluoni vežu kvarkove u hadronske čestice - mezone i barione. Dva najvažnija neperturbativna efekta kromodinamike su: 1.) potpuno zatočenje kvarkova i gluona, fenomen koji još uvijek ne razumijemo, te 2.) spontano, odnosno dinamičko lomljenje okusne  $SU(3)$  kiralne simetrije, koje već dobro razumijemo, posebno u okviru Schwinger-Dysonovog pristupa teoriji polja. Dinamičko lomljenje kiralne simetrije pokazuje kako gluoni od fundamentalnih kvarkovskih polja generiraju efektivne, konstituentne kvarkove. Time se ujedno razjašnjavaju mnoge inače misteriozne pojave hadronskog spektra, poput anomalno lakog okteta pseudoskalarnih mezona. Zanimljivo je i lomljenje druge kiralne simetrije QCD-a, naime  $U_A(1)$ , kojoj pak deveti pseudoskalarni mezon,  $\eta'$ , duguje svoju anomalno veliku masu. Grupa mađarskih fizičara je međutim prije nekoliko godina eksperimentalne rezultate sa američkog sudarača RHIC protumačila padom mase  $\eta'$ , odnosno obnavljanjem  $U_A(1)$  simetrije u vrućem QCD mediju, što bi mogao biti jedan od najboljih znakova formiranja sasvim novog stanja materije - jako interagirajuće kvarkovsko-gluonske plazme. Tome je jedan od prvih kvantitativnih opisa dala zagrebačka grupa, pruživši scenarij gdje je obnavljanje  $U_A(1)$  simetrije povezala s obnavljanjem okusne  $SU(3)$  kiralne simetrije, naime  $SU_A(3)$ . To otvara mogućnosti za diplomске radove iz fizike elementarnih čestica i nuklearne fizike, pogotovo zato što su otvorene mogućnosti za proširenje tog scenarija i na gustu jako interagirajuću materiju, te što je grupa iz Budimpešte zainteresirana za suradnju o razradi i primjenama tog scenarija i na visokim temperaturama i na visokim gustoćama.

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

**Mentor:** dr. sc. Goran Kovačević

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Dinamika vakancija u nanokristalima silicija

**Sadržaj teme:**

Nanokristali silicija nalaze sve veću primjenu u elektroničkoj industriji zbog svojih elektroničkih svojstava. Vakancije u kristalu silicija predstavljaju defekte koji degradiraju njegova električna svojstava. Monovakancije u kristalu silicija su mobilne zbog supstitucijske difuzije i zbog toga lako nestaju na međupovršinama. Cilj ovog istraživanja je istražiti gibanje vakancija u nanokristalima silicija molekulskom dinamikom i/ili Monte Carlo metodom. Međuatomske interakcije će biti opisane sofisticiranim poljima sila koja su u stanju realistično opisati kidanje i uspostavljanje međuatomskih veza u modelu s velikim brojem atoma. U istraživanju će se odrediti vrijeme života vakancije ovisno o veličini silicijevog nanoklastera, te njezin srednji slobodni put. Istražiti će se stapanje vakancije i površine nanokristala, te učestalost stapanja monovakancija u divakancije i stapanja monovakancija s površinom nanokristala. Strukturni motivi koji rezultiraju stapanjem vakancije s površinom nanotočke će se verificirati računima na principu teorije funkcionala gusoće (DFT).

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

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Dvodimenzionalni materijali nakon grafena

**Sadržaj teme:**

U posljednjih 10 godina dvodimenzionalni materijal grafen plijeni pažnju istraživača diljem svijeta, povezujući specijalizacije unutar fizike čvrstog stanja, ali i na interdisciplinarnim razinama preko gotovo svih područja od fizike do medicine. Fascinantna elektronska, optička i mehanička svojstva tog jedan atomski sloj debelog materijala, podloga su za više desetaka budućih revolucionarnih primjena (elektronika, senzori, optoelektronika, spintronika, baterije, fotovoltaići, filtriranje, sekvencioniranje DNK,...). Najnovija istraživanja se intenzivno okreću i prema "nasljednicima" grafena, širokoj paleti dvodimenzionalnih materijala, gdje se ističu halkogeni prijelaznih metala, sa MoS<sub>2</sub> kao najprominentnijim primjerom. Takvi materijali su u mnogo čemu privlačniji od grafena za primjene u elektronici, jer se radi o materijalima sa poluvodičkim svojstvima, za razliku od grafena koji nije poluvodič. Cilj ovog rada je u kontroliranim vakuumskim uvjetima razviti sintezu jednog sloja halkogena prijelaznih metala na metalnoj ili grafenskoj podlozi. Metode za karakterizaciju tih uzoraka biti će prvenstveno tehnike pretražne tunelirajuće mikroskopije i drugih raspoloživih površinski osjetljivih tehnika (difrakcija elektrona, fotoemisijnska spektroskopija).

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** In situ karakterizacija rasta grafena na metalnim folijama

**Sadržaj teme:**

Rast grafena na bakrenim folijama depozicijom iz kemijskih para (CVD) danas je najčešći postupak za dobivanje grafena velikih dimenzija. Pogodnost te metode je da se nakon sinteze grafen može "podići" i transferirati na bilo koju podlogu, primjerice na izolator. Zbog relativno niske cijene takvih sinteza, to je ujedno metoda koja ima veliki potencijal u komercijalnom razvoju grafenskih primjena. Dobivanje kvalitetnih uzoraka s minimalnom koncentracijom defekata i uniformnom orijentacijom, još uvijek je veliki izazov za istraživače. Parametri rasta uključuju ovisnost o podlozi, njenom sastavu i strukturnoj kvaliteti, o tlaku i sastavu plinova iz kojih grafen raste, te o temperaturi podloge za vrijeme rasta. Optimizacija tako širokog raspona parametara vrlo je zahtjevna. U ovom radu iskoristit ćemo inovativni pristup koji olakšava određivanje najpovoljnijih parametara rasta, kroz direktnu optičku (mikroskopsku) karakterizaciju grafena za vrijeme rasta, in situ. Iako je grafen debeo samo jedan atomski sloj, njega je moguće optički identificirati na barenoj podlozi na temelju male razlike kontrasta u odnosu na područje koje nije pokriveno grafenom. To će pomoću optičke mikroskopije omogućiti karakterizaciju parametara kao što su: veličina kristalnih zrna bakra, praćenje centara nukleacije grafena, praćenje brzine rasta i oblika grafenskih fleka. Cilj rade je sistematska korelacija tih parametara sa parametrima rasta.

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



**Mentor:** dr. sc. Nikša Krstulović

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Laserska sinteza nanočestica u tekućinama

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. Nikša Krstulović

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Laserski proizvedene sudarne plazme

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Krešimir Kumerički	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Odvajanje signala od pozadine u eksperimentima fizike elementarnih čestica pomoću strojnog učenja	
<b>Sadržaj teme:</b>	Automatska klasifikacija objekata pomoću algoritama strojnog učenja se u posljednje vrijeme potvrđuje kao moćna metoda za odvajanje signala zanimljive fizike od pozadinskog "šuma" u eksperimentima fizike elementarnih čestica. U predloženom radu bi se prvo proučila dinamika i kinematika raspada Higgsovog bozona na dva tau leptona u standardnom modelu fizike elementarnih čestica, a zatim bi se u tom kontekstu proučili najpopularniji algoritmi strojnog učenja te bi se usporedila njihova moć i upotrebljivost primjenom na konkretne događaje kakvi se opažaju na Velikom hadronskom sudarivaču.	
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački)	

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Ivan Kupčić	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Dinamičko zasjenjenje kulonskih interakcija u grafenu	
<b>Sadržaj teme:</b>	Grafen dopiran elektronima ili šupljinama modelni je primjer za istraživanje elektrodinamičkih svojstava vodljivih elektrona sa slabim interakcijama u dvije dimenzije. Postoje dvije vrpce u blizini Fermijevog nivoa, bez procjepa u jednoelektronskoj gustoći stanja. Posljedica toga je da će većina niskoenergetskih svojstava ovisiti ne samo o unutarvrpčanim nego i o međuvrpčanim procesima raspršenja elektrona.	
	U ovom radu će se istražiti utjecaj međuvrpčanih elektron-šupljina pobuđenja na DC vodljivost te na frekvenciju i gušenje unutarvrpčanih plazmona. Također će se istražiti uvjeti koji su nužni za formiranje međuvrpčanih plazmonskih modova.	
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački)	

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Ivan Kupčić	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Simetrija parametra supravodljivog uređenja u naddopiranim kupratima	
<b>Sadržaj teme:</b>	Porijeklo supravodljivosti u visokotemperaturnim supravodičima još je uvijek nerazjašnjeno. Jedan važan razlog za to je činjenica da, unatoč tome što vodljivi elektroni osjećaju jake Mottove korelacije, većinu eksperimentalnih opažanja u uređenom supravodljivom stanju možemo kvalitativno razumjeti koristeći radikalno pojednostavljene modele bazirane na slici slabo međudjelujućih elektrona. Nažalost iskustvo pokazuje da koliko ima eksperimentalnih proba toliko ima i međusobno nepovezanih reduciranih modela.	
	Unutar ove teme moguće je izraditi nekoliko diplomskih radova kojima je zajedničko to da se istražuje utjecaj simetrije parametra uređenja u Q2D BCS supravodičima na dinamičku vodljivost. Na taj način moguće je kvantitativno analizirati rezultate mikrovalnih i optičkih mjerenja na naddopiranim kupratima te mjerenja elektronskih i fononskih Ramanovih spektara.	
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački)	

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Opažanje e+e- parova u PHENIX eksperimentu

**Sadržaj teme:**

PHENIX eksperiment na Relativističkom sudarivaču teških iona (RHIC) ima izvrsne mogućnosti za opažanje elektromagnetskih proba (elektrona, fotona, miona) nastalih u sudarima teških iona. Te mogućnosti dodatno su unaprijeđene ugrađivanjem Hadron Blind Detektora (HBD), koji poboljšava efikasno odvajanje signala i pozadine. Elektromagnetske probe od posebnog su značaja za proučavanje teškoionskih sudara, jer nisu osjetljive na jaku interakciju poput hadronskih proba, pa samim time gotovo nesmetano prenose informacije o svojstvima materije nastale u sudaru, od točke interakcije do detektora. Opažanjem e+e- parova mogu se dobiti vrijedne informacije o svojstvima hadrona nastalih u sudarima teških iona, temperaturi nastale materije, idr.

U okviru ove teme student će upoznati eksperimentalne metode za opažanje hadronskih sudara, posebice PHENIX eksperiment, te će detaljno proučiti rad Hadron Blind Detektora. Osim toga student će se uključiti u analizu podataka u okviru PHENIX eksperimenta na samoj fronti istraživanja.

Tema je prikladna za studente istraživačkog smjera. Nužno je poznavati osnove rada u C++, te dobro baratati engleskim jezikom.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Eksperimentalni potpisi kvarkovsko-gluonske plazme

**Sadržaj teme:**

Eksperimenti sa sudarima teških iona relativističkih energija dokazali se postojanje kvarkovsko-gluonske plazme, novog stanja materije u kojem za razliku od obične materije, kvarkovi i gluoni nisu zarobljeni u hadronima. Postojanje novog stanja materija pokazano je brojnim eksperimentalnim potpisima poput potisnuća nekih hadrona zbog jake interakcije sa stvorenom materijom, potisnuća mlazova, hidrodinamičkog toka plazme ili pak termalnog spektra stvorene materije. Današnji eksperimenti imaju za cilj detaljno istražiti svojstva kvarkovsko-gluonske plazme, a to je moguće učiniti preciznim određivanjem navedenih potpisa.

U okviru ove teme student će nadograditi znanja iz nuklearne i fizike elementarnih čestica, te se upoznati sa suvremenim eksperimentalnim metodama u području visokoenergijskih hadronskih sudara.

Tema je prikladna za istraživački, te nastavničke smjerove. Od studenta istraživačkog smjera očekuje se upoznavanje sa teorijskom pozadinom, eksperimentalnim postavima, te uključenje u analizu podataka dobivenih u PHENIX eksperimentu na RHIC-u, na samoj fronti istraživanja. Od studenata nastavničkih smjerova očekuje se razumijevanje teorijske pozadine, eksperimentalnih postava, te razumijevanje i interpretacija najnovijih rezultata u području. Efikasno korištenje engleskog jezika je neophodno.

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

**Mentor:** dr. sc. Aleksandar Maksimović

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Komparacija korisničkih sučelja u izradi fizikalne simulacije

**Sadržaj teme:**

Fizikalna simulacija napravljena pomoću programskog jezika python u dva različita korisnička sučelja pokazala bi koliko utječe sučelje na opis i objašnjavanje problema. IPython notebook omogućava prikazivanje velikog broja različitog sadržaja poput izvršavanja python koda (programa) u internet pregledniku (browser, poput chrome, firefox i drugi) , formatiranje teksta i jednadžbi, operacije pomoću tablica (csv, panda), prikaz youtube videa, i vjerojatno svih oblika koji su podržani u pregledniku. Pomoću simulacija iz fizike možemo ocijeniti koliko je korisno koristiti uz uloženi rad klasično grafičko sučelje (GUI) u odnosu na ipython notebook sučelje. Odabrane karakteristike simulacija HO oscilatora (moguće je implementirati bilo koju drugu fizikalnu simulaciju kao što je opis valne jednadžbe, disperzija, molekularna dinamika i druge) analizirati će se i pri tome istaknuti relativne prednosti i nedostatke u oba sučelja.

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

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Marketin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje beta-raspada u egzotičnim jezgrama

**Sadržaj teme:**

Nukleosinteza teških elemenata jedno je od najvećih nerazjašnjenih pitanja u modernoj fizici. To je vrlo kompleksan fenomen u kojem sudjeluju razni procesi, od kolapsa supernove na makroskopskoj skali do nuklearnih reakcija na mikroskopskoj skali. Iz aspekta nuklearne fizike, ključan utjecaj imaju beta raspad koji određuju vremensku skalu na kojoj se nukleosinteza odvija, guraju raspodjelu mase prema težim elementima te doprinose toku neutrona u kasnim fazama nukleosinteze. Kako sadašnja eksperimentalna postrojenja nisu u mogućnosti odrediti svojstva većine jezgara koje sudjeluju u r-procesu, nužno je koristiti teorijske spoznaje. Modeli temeljeni na relativističkom funkcionalu gustoće energije posebno su prikladni za ovakva istraživanja zbog primjenjivosti na proizvoljno teške i egzotične jezgre te daju konzistentan opis karakteristika jezgara u svim dijelovima nuklearne karte. Cilj diplomskog rada je poboljšavanje opisa slabih procesa u nestabilnim jezgrama u svrhu postizanja preciznijeg opisa vremena poluživota i vjerojatnosti odgođene emisije neutrona.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Marketin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Prirodni nuklearni reaktori

**Sadržaj teme:**

Upotreba kontrolirane nuklearne lančane reakcije u proizvodnji energije je jedno od velikih dostignuća prošlog stoljeća. Međutim, kasnija istraživanja su pokazala da su se nuklearne reakcije odvijale na Zemlji i daleko prije potrebne tehnologije i čovječanstva općenito. Naime, u Zapadnoj Africi su prirodno postojali uvjeti za odvijanje fisije izotopa urana kao što se dešava u postojećim nuklearnim reaktorima. U prvom dijelu ovog diplomskog rada student će objasniti osnovne nuklearne reakcije koje se odvijaju u nuklearnim reaktorima te principe rada nuklearnog reaktora. U drugom dijelu diplomskog rada to znanje će se primjeniti na rad prirodnog nuklearnog reaktora u Oklu, tj. opisati će se moderiranje neutrona, stabilnost reaktora i određivanje njihove starosti.

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

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Marketin

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Generiranje energije u unutrašnjosti Zemlje

**Sadržaj teme:**

Moderna znanost donijela je mnogobrojne napretke u razumijevanju prirode i Svemira, od elementarnih čestica do zvijezda i galaksija. No, poznavanje same Zemlje relativno je ograničeno. Zbog mogućnosti izravnog opažanja tanku Zemljinoj kuru vrlo dobro poznajemo, ali o unutrašnjosti možemo samo zaključivati na temelju posrednih informacija, npr. proučavanjem seizmičkih valova uzrokovanih potresima ili proučavanjem geološke strukture površine. U okviru ovog rada, student će proučiti izvore topline u Zemljinoj unutrašnjosti, s posebnim osvrtom na radioaktivne raspade. U diplomskom radu će se objasniti radioaktivni raspad, te opisati uloga radioaktivnih raspada u generiranju topline u Zemljinoj unutrašnjosti, s mogućim metodama mjerenja aktivnosti.

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

**Mentor:** dr. sc. Blaženka Melić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Širina raspada top kvarka

**Sadržaj teme:**

Top kvark je najteži kvark unutar Standardnog modela. Obzirom da je njegova masa veća od mase W-bozona, dominantni mod raspada je onaj u W-boson i b-kvark i ukupna širina raspada top kvarka je dobro opisana parcijalnom širinom raspada  $t \rightarrow W b$ . Određivanje širine top kvarka služi kao test Standardnog modela i stoga je potrebno njeno precizno teorijsko određivanje uključivanjem raznih korekcija računu na osnovnom nivou. Cilj diplomskog rada bi bio račun širine raspada top kvarka na osnovnom nivou upoređivanjem različitih metoda, kao i jednostavna analiza korekcija na nivou prvom do slijedećeg. Kako je u hadronskim sudarima proizvedeni single top kvark gotovo 100% polariziran, moguće je analizirati i polarizaciju konačnog W-bozona, odnosno leptonsku angularnu distribuciju u procesu  $t \rightarrow W b \rightarrow l \nu_l b$ . Poznavajući tu distribuciju, moguća je detaljna studija mehanizma raspada top kvarka u Standardnom modelu kao i izvan njega.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Blaženka Melić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Higgsov mehanizam u Standardnom modelu i izvan njega

**Sadržaj teme:**

ATLAS i CMS ekperimenti na CERNu su 2012. godine otkrili novu česticu mase oko 126 GeVa i koja je po svim dosadašnjim analizama konzistentna s Higgsovim bozonom. Higgsov bozon je najjednostavnija manifestacija Brout-Englert-Higgs mehanizma spontanog narušenja simetrije i generiranja masa čestica za čije predviđanje je dodjeljena i Nobelova nagrada za fiziku. Cilj diplomskog rada bi bio upoznavanje s Higgsovim mehanizmom, Goldstonovim teoremom, teorijskim postavkama i ograničenjima na svojstva Higgsove čestice u Standardnom modelu, kao i osnovni račun jedostavnih raspada Higgosa pomoću kojih je i otkrivena ta čestica. Obzirom da postoje teorijski razlozi za možebitno postojanje više Higgsovih čestica, analiziralo bi se poopćenje Higgsovog mehanizma u najjednostavnijem proširenju Standardnog modela koje, za razliku od standardnog mehanizma uključuje dva Higgsova dubleta, te neki fenomenološki aspekti takvog poopćenja.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Vakuumska radionica za škole

**Sadržaj teme:**

Nedavno je u suradnji Hrvatskog vakuumskog društva i Instituta za fiziku postavljena demonstracijska vakuumska radionica namijenjena osnovnim i srednjim školama (<http://www.cro-vacuum.hr/>). Namjera HVD-a je razviti dostupan „Vakuumski komplet za demonstracijske pokuse“ za primjenu u nastavi i radu sa zainteresiranim učenicima. Cilj ovog diplomskog rada je metodološka razrada deset osnovnih demonstracijskih pokusa i razrada osnovnih dosad postavljenih eksperimentalnih postava. Uvest će se i novi pokusi npr. s plazmom. Također obradit će se osnovni pojmovi vezani uz vakuum i vakuumske tehnologije, prikladno osnovnoškolskom odnosno srednjoškolskom uzrastu. Rad će se provoditi u Multimedijском laboratoriju i Laboratoriju za lasersku spektroskopiju hladne plazme Instituta za fiziku.

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



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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Efekti plazmenog mlaza u režimu različitih tlakova i vrste plinova

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tamara Nikšić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Simulacije gibanja na toboganu 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, 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 omogućava jednostavno programiranje grafičkih prikaza rješenja različitih fizikalnih problema, s posebnim naglaskom na animacije.

U okviru predloženog diplomskog rada student bi trebao izraditi numeričke simulacije tijela koje se giba na toboganu zadanog oblika uz trenje ili bez njega. Time bi učenicima na zanimljiv i pristupačan način mogao pojasniti zakon sačuvanja energije i njegove posljedice.

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



**Mentor:** dr. sc. Tamara Nikšić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Simulacije dinamike kvantnih valnih paketa 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, 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 omogućava jednostavno programiranje grafičkih prikaza rješenja različitih fizikalnih problema, s naglaskom na animacijama.

U okviru predloženog diplomskog rada student bi trebao izraditi numeričke simulacije dinamike kvantnog valnog paketa u jednostavnim jednodimenzionalnim potencijalima. Time bi učenicima završnih razreda prirodoslovne gimnazije mogao predočiti kvantne efekte kao što je tuneliranje kroz barijeru ili refleksija na barijeri.

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

**Mentor:** dr. sc. Tamara Nikšić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Oktupolna pobuđenja u atomskim jezgrama

**Sadržaj teme:**

Model koji omogućava miješanje konfiguracija stanja atomske jezgre s različitim vrijednostima oktupolnog momenta bit će upotrijebljen u teorijskom istraživanju oktupolnih pobuđenja u atomskim jezgrama. U okviru diplomskog rada testirat će se nedavno razvijena numerička implementacija metode generirajućih koordinata s oktupolnom deformacijom kao kolektivnim stupnjem slobode. Računalni kod će biti prilagođen upotrebi na distribuiranom računalu, a planirani su proračuni u područjima aktinida i rijetkih zemalja. Dobijeni rezultati bit će uspoređeni s dostupnim eksperimentalnim podacima i predviđanjima ostalih teorijskih modela. Planiramo provesti i preliminarno istraživanje u području izotopa cinka koje bi istovremeno uključivalo oktupolni i kvadrupolni stupanja slobode kako bismo na ispravan način uzeli u obzir miješanje ta dva stupnja slobode.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tamara Nikšić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Nova generacija relativističkih nuklearnih energijskih funkcionala gustoće

**Sadržaj teme:**

Modeli atomske jezgre zasnovani na teoriji energijskog funkcionala gustoće trenutno predstavljaju najpotpuniji alat za opis svojstava osnovnog i pobuđenih stanja u atomskim jezgrama kroz cijeli periodni sustav. U okviru predloženog rada planiramo unaprijediti standardni relativistički nuklearni funkcional gustoće kako bismo preciznije opisali gustoću jednočestičnih stanja oko Fermijeve plohe. U funkcional će biti ugrađen dodatni član gustoće kinetičke energije, a parametri novog funkcionala će biti prilagođeni eksperimentalnim podacima čime je osigurano uključivanje većeg dijela postojećih korelacija. Planiramo provesti i potpunu statističku analizu kako bismo odredili neodređenosti parametara i procijenili teorijsku grešku izračunatih observabli. Novi funkcional planiramo primijeniti u ilustrativnom proračunu osnovnih stanja skupa odabranih sfernih i deformiranih atomskih jezgri.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Analize vremenskih nizova u fizikalnim procesima

**Sadržaj teme:**

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

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Trodimenzionalna fraktalna analiza pojava u kršu

**Sadržaj teme:**

Ova tema namijenjena je studentima koji žele proširiti znanja koja su stekli na studiju i promisliti o uvođenju tih tema u nastavu fizike. Tehnika fraktalne analize omogućava analizu uzoraka na temelju njihove makroskopske strukture. Interes primjene te tehnike u fizici okoliša, odnosno u geoznanostima je pridruživanje fizikalnih parametara prirodnim pojavama kvantificiranjem skalno invarijantnih distribucija, čime bi se omogućilo njihovo bolje razumijevanje i praćenje njihovih promjena. U okviru rada student bi razvio računalni program u Pythonu za proračun fraktalne dimenzije u 3D i primijenio ga na odabrane specifične prirodne pojave u hrvatskom kršu koje evidentno imaju fraktalna svojstva. Student će razraditi koncepciju nastavnog sata kojom bi se učenika kroz odabrane primjere upoznalo s ovom tematikom.

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Demonstracijski pokusi u nastavi fizike

**Sadržaj teme:**

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

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Terenska nastava fizike

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Istraživanje magnetizacije multiferoika BiFeO<sub>3</sub> dopiranog lantanoidima pod utjecajem magnetskog i električnog polja

**Sadržaj teme:**

BiFeO<sub>3</sub> je najpoznatiji multiferoik, a radi utjecaja na njegova polarna i magnetska svojstva provode se razna dopiranja/substitucije. Tako su proizvedeni i novi materijali nastali dopiranjem BiFeO<sub>3</sub> lantanoidnim elementima u malim udjelima. Student će u laboratoriju Fizičkog odsjeka provesti mjerenja magnetizacije tih materijala u širokom rasponu temperatura i polja radi proučavanja utjecaja dopiranja na magnetske faze prijelaze i prirodu magnetskog uređenja. Osim toga, istražiti će se utjecaj električnog polja na magnetski odziv te provjeriti pokazuje li ovaj multiferoični materijal poboljšano magnetoelektrično vezanje.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

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

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Uređaj za mjerenje feroelektričnih histereza

**Sadržaj teme:**

Feroelektrici su oni materijali koji posjeduju spontano polarno uređenje. Pod utjecajem primijenjenog električnog polja oni mijenjaju iznos svoje električne polarizacije, i u njima se redovito javlja petlja feroelektrične histereze. Student će konstruirati uređaj za mjerenje petlji feroelektrične histereze koristeći osciloskop, izvor napona i precizne voltmetre. Potom će izmjeriti ponašanje nekih tipičnih feroelektrika kao što je  $\text{BiFeO}_3$ .

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Gibanje magneta u magnetskom polju

**Sadržaj teme:**

Magneti međudjeluju silama koje uzrokuju njihova najrazličitija gibanja. U ovom diplomskom radu proučavat će se gibanje jednog permanentnog magneta pod utjecajem drugog statičnog magneta i to tako da se zadrži usmjerenje njihovih magnetskih momenata te uklone utjecaji svih drugih sila. Mjerit će se vremena prolaska određenim koordinatama koja će trebati povezati s izvorom sile i na taj način proučavajući kinematiku matematički opisati silu međudjelovanja dva magneta. U tu svrhu student će konstruirati indukcijski detektor položaja i brzim i preciznim voltmetrom spojenim na računalo mjeriti vremena prolaska kroz određene točke te iz tih mjerenja računati silu među magnetima koristeći osnovne zakone gibanja. Usput će se upoznati i s teorijskim računom sile među magnetima, te ga usporediti sa svojim rezultatom. Osim toga, silu će odrediti i iz mjerenja koja počivaju na zakonu očuvanja energije. Prilikom dizajna eksperimenta, gradnje aparature i njenog poboljšanja, izvođenja mjerenja, nepredne računske analize, rasprave, student će steći praksu primjenjivu za mnoge druge eksperimentalne situacije u školi.

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Pajić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Spinsko staklo u CrNbO<sub>4</sub>

**Sadržaj teme:**

CrNbO<sub>4</sub> je magnetski gotovo neistraženi materijal, i dosadašnji rezultati samo upućuju na prijelaz u spinsko staklo ispod 10K. Novom vrstom sinteze dobivena je čista faza tog materijala i uočen je nered prilikom rasporeda Cr i Nb iona u kristalnoj rešetki. U okviru diplomskog rada detaljno će se proučiti magnetsko ponašanje tog sustava. Eksperimenti će obuhvatiti i statička i izmjenična mjerenja (magnetizacija i ac susceptibilnost) uključujući magnetske histereze, temperaturne ovisnosti magnetizacije, relaksacijske pojave, i drugo što bude potrebno za rasvjetljenje prirode magnetskog ponašanja ovog materijala, moguće spinskog stakla.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Kornelija Passek-Kumerički

**Institucija:** IRB

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

**Sadržaj teme:**

Današnji ubrzivači čestica (LHC...) omogućuju ispitivanje Standardnog modela (SM) elementarnih čestica kao i mogući uvid u odstupanja od Standardnog modela. Jedne od zanimljivijih mogućnosti predstavljaju teorije koje uvode nekomutativnost između prostor-vrijeme koordinata, te za posljedicu imaju odstupanja od, u komutativnim teorijama uobičajenih, koncepata (npr. Lorentzova simetrija). U literaturi su prisutni razni nekomutativni modeli koji opisuju interakcije elementarnih čestica, i njihova predviđanja je moguće uporediti s eksperimentom.

Ideja (jednog a možda i više diplomskih radova) je upoznavanje s osnovnim postavkama nekomutativnih teorija kao i specifičnog Nekomutativnog standardnog modela (NCSM).

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

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Kornelija Passek-Kumerički

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Od partonskih distribucija do generaliziranih partonskih distribucija

**Sadržaj teme:**

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

U procesu izrade diplomskog rada student se dakle upoznaje sa trenutno dostupnim informacijama i izvorima informacija o strukturi protona te savladava osnove računanja elementarnih Feynmanovih dijagrama u okviru perturbativne kvantne kromodinamike.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Uloga pivotiranja mikrotubula u formiranju složenijih struktura poput svežnjeva mikrotubula i diobenog vretena

**Sadržaj teme:**

Centralno pitanje stanične biologije je kako nastaje diobeno vreteno, mikro-stroj koji se brine o ispravnoj podjeli genetskog materijala između dvije stanice-kćeri. Nastanak diobenog vretena uključuje ispravnu prostornu raspodjelu mikrotubula te njihovu ispravnu orijentaciju. U ovom interdisciplinarnom istraživanju, korištenjem bazičnih znanja iz statističke fizike i klasične mehanike, teorijski ćemo proučavati ulogu kutnog gibanja mikrotubula. Teorija će uključiti proteine koji povezuju mikrotubule iz suprotnih polova. Student bi za vrijeme diplomskog rada trebao odgovoriti na pitanje kolika mora biti difuzija te kolike moraju biti koncentracije proteina da bi se moglo formirati diobeno vreteno.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Oscilacije kinetohora u metafazi

**Sadržaj teme:**

Za vrijeme stanične diobe, kromosom se sa dvije sestrinske kinetohore, vezivna mjesta na kromosomu, veže za mikrotubule koji rastu iz suprotnih polova. Kada se uspostavi opisana konfiguracija, kinetohore počnu oscilirati oko sredine diobenog vretena. U diplomskom radu student će proučavati mehanizam ovih oscilacija. U teorijskom opisu koji će student razviti, opisat će se sile koje nastaju polimerizacijom i depolimerizacijom mikrotubula, te proteini koji utječu na prijelaz iz polimerizaciju u depolimerizaciju. Teorija bi trebala odgovoriti na pitanje u kojim uvjetima nastaju eksperimentalno opažene oscilacije te mogu li oscilacije dobivene u teoriji objasniti eksperimentalno opažena svojstva, kao što je oblik oscilacija, amplituda i period oscilacija te koncentracija proteina koji reguliraju dinamiku mikrotubula. Konačno, teorija će dati predikcije koje će naši suradnici eksperimentalno provjeriti.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Modeli neutrinjskih masa i tamna tvar u astrofizici i na sudarivačima čestica

**Sadržaj teme:**

Otkrićem Higgsove čestice 2012. g. na CERN-u, kao prve temeljne čestice bez spina, zaokružena je „periodička tablica“ temeljnih čestica i sila kakvu predviđa standardni model elementarnih čestica i sila. Pri tome uočavamo da u retku s aktivnim „lijevim“ neutrinima nedostaju njihovi „desni“ partneri. Isto tako, usamljeni novootkriveni Higgsov bozon u zadnjem stupcu „periodičke tablice“ mogao bi imati skalarnu partneru. Postojanje takvih partnera ugrađeno je i u tzv. skotogeničke radijativne modele neutrinjskih masa, gdje je potisnuće neutrinjskih masa dano kvantnim petljama čestica čije su mase na skali TeV-a. Takve čestice su potencijalni kandidati za kozmološku tamnu tvar (DM od engl. Dark Matter) nazvanu wimpovima (od engl. Weakly Interacting Massive Particles). U klasi skotogeničkih modela se zajedno s tamnim higgsevima uvode i tzv. tamni fotoni kao čestice koje će biti relevantne za niz astrofizičkih opažanja. Diplomski rad bi s jedne strane izučavao sama vezanja skalarnu DM na higgs kao tzv. Higgsov portal koji nam otvara vrata u dosad nepristupačan svijet tamne tvari, a s druge strane posljedice novouvedenih čestica za fenomenologiju na sudarivačima čestica.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kozmološke posljedice postojanja lakog higgosa

**Sadržaj teme:**

Usprkos odsutnosti simetrije koja bi u standardnom modelu čestica i sila (SM) zaštitila masu Higgsove čestice, na LHC-u je izmjerena njezina neprirodno mala vrijednost  $M_H = 125$  GeV. Tom problemu prirodnosti mase higgosa s pridruženim problemom stabilnosti vakuuma SM-a pridodan je problem kozmološke konstante i uloge skalarnih polja kao pogonitelja inflacije svemira. Diplomski rad bi se fokusirao na poopćenja čestičnog sastava SM-a, koja bi SM mogla dovesti u suglasje sa standardnim kozmološkim LambdaCDM modelom.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)



<b>Mentor:</b>	dr. sc. Maja Planinić	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Eksperimenti s laserom u nastavi fizike	
<b>Sadržaj teme:</b>	<p>Eksperimenti čine važan dio istraživački usmjerene nastave fizike. Mnoge ideje i koncepti optike i moderne fizike mogu se učenicima približiti kroz eksperimente koji uključuju primjenu lasera. Neki eksperimenti s laserom već su u uporabi u školama, no postoje još mnoge neiskorištene mogućnosti primjene lasera u nastavi fizike. Cilj bi ovog diplomskog rada bio istražiti, proučiti i prezentirati moguće nove školske eksperimente s laserom, kao i načine njihove implementacije u nastavni proces. Kandidat bi proučio relevantna edukacijska istraživanja, postavio i izveo eksperimente, te predložio kako pomoću njih kreirati prikladne i učinkovite istraživački usmjerene nastavne sekvence unutar školske fizike. U procesu rada kandidat bi se upoznao s tehnikama i rezultatima edukacijskih istraživanja iz fizike, brojnim školskim eksperimentima s laserima, te bi produbio svoje razumijevanje uloge i primjene eksperimenata u nastavi fizike.</p>	
<b>Smjerovi:</b>	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije	

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Boris Podobnik	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Teorija katastrofe, bifurkacijske teorije	
<b>Sadržaj teme:</b>	<p>Teorija katastrofe je grana teorije bifurkacija koja se primjenjuje u dinamičkim sustavima. Bifurkacijske teorije analiziraju fenomene karakterizirane naglim promjenama u ponašanju. One analiziraju kako kvantitativna priroda rješenja jednadžbi ovisi o parametrima koji se nalaze u jednadžbi. Od studenta se očekuje primjena teorije katastrofe u modeliranju kompleksnog financijskog tržišta točnije kolektivnih modova kao što je nagli lom burze.</p>	
<b>Smjerovi:</b>	prof. fizike, prof. fizike i informatike, prof. fizike i tehnike, prof. fizike i kemije	

<b>Mentor:</b>	dr. sc. Nikola Poljak	<b>Institucija:</b> PMF
<b>Naslov teme:</b>	Određivanje dinamike kapi pri agronomskom raspršivanju	
<b>Sadržaj teme:</b>	<p>Tijekom posljednjih godina pokazala se povećana potreba za kontrolom populacije komaraca u Slavoniji. Uz tradicionalne metode toplog zamagljivanje, proučava se mogućnost distribucije insekticida u vodenoj otopini koja bi se ispuštala iz aviona ili helikoptera putem atomizatora ili drugih uređaja koji mogu napraviti kapljicu potrebne veličine. Prednost takve metode jest manja cijena po jedinici površine i ekološki prihvatljiviji postupak u odnosu na toplo zamagljivanje. U suradnji sa Zavodom za javno zdravstvo Osijek proučavat će se i modelirati dinamika kapi ispuštenih iz aviona ili helikoptera, uzimajući u obzir efekte najvišeg reda (sila teža uz početne uvjete, otpor zraka i evaporacija kapi uslijed zagrijavanja). Kao rezultat rada određivat će se uvjeti ispuštanja kapi iz aviona ili helikoptera maksimalne efektivnosti. Od kandidata se očekuje poznavanje rada u nekom od programskih jezika. Nakon izrade rada postoji mogućnost produljene suradnje sa Zavodom za javno zdravstvo, kao i objavljivanje članka na temu.</p>	
<b>Smjerovi:</b>	fizika (istraživački), prof. fizike i informatike	

**Mentor:** dr. sc. Nikola Poljak

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Eksperimentalno određivanje stupnja polarizacije i Brewsterov kut

**Sadržaj teme:**

Na nastavi fizike se u okviru geometrijske optike spominje kut pri kojem se zraka određene polarizacije, prilikom upada na granicu 2 sredstva, savršeno transmitira bez refleksije. Kandidat će opisati ovu pojavu te izvesti jednadžbe koje ju opisuju (Fresnelove jednakosti), dizajnirati i konstruirati pokus pomoću kojeg bi se taj kut odredio, te analizirati rezultate dobivenog pokusa. Tako dobiveni postav mogao bi se kasnije koristiti u demonstrativne svrhe ili kao praktikumski postav.

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

**Mentor:** dr. sc. Nikola Poljak

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Teremin

**Sadržaj teme:**

Teremin je elektronski glazbeni instrument koji se kontrolira bez fizičkog kontakta izvođača. U diplomskom radu će se proučiti i objasniti način rada teremina te će se izvršiti dizajn i izgraditi uređaj koji će sadržavati teremin, pojačalo i zvučnik. Nakon izgradnje slijedi tonska karakterizacija uređaja, te predložiti nekoliko fizikalnih mjerenja (usporedbe kapacitivnosti materijala, nepostojanje etera itd.).

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

**Mentor:** dr. sc. Danko Radić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Učinci magnetskog polja na jednoelektronski spektar 2D elektronskog plina

**Sadržaj teme:**

Cilj ovog diplomskog rada iz područja fizike čvrstog stanja je upoznati učinke magnetskog polja na dvodimenzionalni elektronski plin. Potrebno je izvršiti kvantnomehaničku formulaciju problema elektrona u vanjskom magnetskom polju najprije u modelu slobodnog elektronskog plina i pokazati učinke Landauove kvantizacije elektronskih stanja. Potom se model proširuje na problem elektrona na 2D kristalnoj rešetki. Korištenjem analitičkog i numeričkog modeliranja treba pokazati kvantizaciju magnetskog toka i izračunati elektronski spektar u kojem se javlja samoslična struktura (fraktal - "Hofstadterov leptir") ovisno o jačini vanjskog magnetskog polja. Ambiciozniji student može istražiti i učinke magnetskog polja na elektronski spektar u kvazi-1D sustavima, npr. Bechgaardove soli, s otvorenim Fermijevim površinama.

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

**Mentor:** dr. sc. Danko Radić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Duffingov oscilator i karakterizacija kaosa u faznom prostoru

**Sadržaj teme:**

Cilj ovog diplomskog rada iz područja nelinearne fizike i dinamičkih sustava je upoznati model i neke aspekte dinamike Duffingovog oscilatora tj. oscilatora u koji je ugrađena nelinearna povratna sila. Napose, kada jednodimenzionalni Duffingov oscilator izložimo sili tjeranja i time proširimo fazni prostor na tri dimenzije, otvorili smo mogućnost pojave kaosa u sustavu i nastanka stranog atraktora u faznom prostoru. Korištenjem analitičkih i numeričkih metoda za analizu dinamičkih sustava, Poincareovih presjeka i tzv. "box-counting" metode za određivanje fraktalne dimenzije objekta, potrebno je karakterizirati nastali atraktor i utvrditi područje parametara u kojem dolazi do pojave kaosa u sustavu.

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

**Mentor:** dr. sc. Danko Radić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Supravodljivost i primjene

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. Danko Radić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Elektromehanička nestabilnost u nanoelektromehaničkim sustavima

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Danko Radić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Pseudomagnetska polja u grafenu

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Jordi Sancho Parramon

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Numeričke simulacije interakcije svjetlosti s klasterima nanočestica

**Sadržaj teme:**

Izračun raspršenja svjetla na nanočesticama je tema numeričkog elektromagnetizma s primjenama u astrofizici, medicini ili karakterizaciji čestica. Raspršenje ravnog vala na jednoj sfernoj čestici izračunava se potpuno u okviru Mieove teorije. Na Zavodu LAIR na Institutu Ruđer Bošković, razvili smo proširenja Mieove teorije za: i) proizvoljne vrste osvjetljenja (fokusirani snop s različitim polarizacijama) i ii) više čestica. Diplomski rad će se primjeniti ova proširenja na izračune u različitim područjima interesa na kojima radimo, kao što su: pojačanje polja klasterima metalnih nanočestica, pobude dielektričnih rezonancija u silicijskim česticama ili elektromagnetske sile među česticama.

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

**Mentor:** dr. sc. Jordi Sancho Parramon

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Anizotropija u filmovima s metalnim otočićima

**Sadržaj teme:**

Filmovi s metalnim otočićima su dvodimenzionalne nakupine metalnih nanočestica, dobivene naparavanjem metala na dielektričnu podlogu. Optička svojstva tih filmova karakterizirana su rezonancijom površinskih plazmona od slobodnih elektrona u nanočesticama. Rezonancija površinskih plazmona ovisi o okolini i morfologiji čestica. Na Zavodu LAIR Instituta Ruđer Bošković aktivno radimo na izradi, karakterizaciji i modeliranju optičkih filmova s metalnim otočićima. Tema diplomskog rada je odrediti anizotropiju u optičkom ponašanju filmova s metalnim otočićima, odnosno utvrditi kako rezonancija površinskih plazmona ovisi o polarizaciji upadne svjetlosti. Rad zahtijeva karakterizaciju uzoraka pomoću spektroskopskog elipsometra, te modeliranje uzoraka kako bi se utvrdio stupanj anizotropije i objasnilo porijeklo anizotropije.

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

**Mentor:** dr. sc. Jordi Sancho Parramon

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Numeričke simulacije interakcije svjetlosti s višeslojnim strukturama

**Sadržaj teme:**

Nanofotonika je aktivno područje istraživanja koje se bavi interakcijama svjetla i materije na nanometarskoj skali. Na Zavodu LAIR Instituta Ruđer Bošković radimo numeričke simulacije interakcije svjetlosti sa višeslojnim strukturama. Tema predloženog rada fokusira se na to kako različita svjetlosna pobuđenja, kao što su fokusirano osvjetljenje ili pobuđenja nastala od točkastih dipola, propagiraju u višeslojnim strukturama. Predloženi rad zahtijeva: i) implementaciju ekspanzije ravnih valova takvih pobuđenja u softverski alat razvijen u Matlab-u, te ii) analizu rezultata, osobito s obzirom na mogućnost pobude površinskog plazmona u višeslojnim sustavima.

**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:** Kolimiranje ionskog snopa na dimenzije nekoliko  $\mu\text{m}$  pomoću kapilare

**Sadržaj teme:**

Ionski snop MeV-skih energija i mikrometarskih presjeka uobičajeno se dobiva pomoću fokusiranja kompleksnim sustavima magnetskih kvadrupolnih leća. Mnogo jednostavnija metoda dobivanja ionskog snopa malog presjeka (nekoliko  $\mu\text{m}$ ) zasniva se na korištenju kapilare koja služi kao kolimator. Na novoj komori za testiranje kompleksnih detektora za nuklearnu i fiziku visokih energija, uvođenje kapilare za kolimiranje ionskog snopa (npr. protoni 8-10 MeV-a) omogućilo bi rad u zraku pri čemu bi kapilara, uz funkciju fokusiranja, bila i mjesto gdje iz vakuumske sustava snop protona izlazi u zrak. Cilj diplomskog rada bi bio montiranje kapilare na sistem za precizno pozicioniranje, te testiranje karakteristika ionskog snopa na izlazu iz kapilare (energijski profil i prostorna razlučivost).

**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:** Ultrabrza tranzijentna apsorpcija fotokemijskih reakcija

**Sadržaj teme:**

U tipičnom postavu za tranzijentnu apsorpciju pomoću fs laserskih pulseva na uzorak se šalju dva snopa, s točno definiranim vremenskim razmakom između njih. Prvi, pumpni, pobuđuje molekule u neko gornje stanje, a drugi, probni snop, ispituje trenutnu apsorpciju tako formiranog tranzijentnog stanja. Analizom apsorpcijskih spektara za određeni interval vremena kašnjenja probe, može se dobiti slika o ultrabrzoj dinamici na malim vremenskim skalama. Pumpni puls je najčešće transformacijski ograničen ultrakratki puls manjih valnih duljina, a probni puls je širokopoljansko spektra kako bi mogao ispitati apsorpciju za što veći opseg energija. Diplomant bi se uključio u mjerenje TA fenolnih spojeva iz kojih fotokemijskom reakcijom nastaju kinon metidi. Ovi spojevi koji se nabavljaju putem suradnje s grupom s OKB Zavoda instituta IRB-a, imaju veliki potencijal u farmaceutskoj industriji kao nositelji lijekova, a mjerenja njihove ultrabrze dinamike bi bila među prvima za tu klasu molekula.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

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

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Izrada kompjuterski generiranih holograma (pomoću femtosekundnog lasera)

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. Željko Skoko

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Interaktivni e-udžbenik – primjer kristalnih sustava

**Sadržaj teme:**

Današnji učenici odrasli su okruženi tehnologijom, računalo i internet su načini na koji oni interagiraju sa svijetom. U tom kontekstu, iduća stepenica u evoluciji nastave predstavljaju e-udžbenici koji nude učenje prepuno interaktivnih dijagrama, slika i videa. Bez dosadašnjih ograničenja na statične slike koje ilustriraju popratni tekst, učenici su u mogućnosti uroniti u sliku s interaktivnim opisima, rotirati 3D objekte, te ineraktivno provjeriti odgovore na pitanja unutar poglavlja. Knjigu mogu listati jednostavnim povlačenjem prsta po dnu ekrana. Podcrtavanje teksta, zapisivanje bilješki, traženje sadržaja i definicija raznih pojmova je jednako jednostavno. U ovom radu biti će prikazani osnovni elementi e-udžbenika, njihove prednosti ali i mane. Također će biti opisani načini kako kreirati e-udžbenik i koje programske alate/jezike koristiti. Naglasak će biti stavljen na e-udžbenike iz područja prirodnih znanosti, posebice fizike. U konačnom dijelu rada biti će napravljeno jedno poglavlje e-udžbenika iz područja kristalografije koje će prikazivati osnovne kristalne sustave i odgovarajuće primjere.

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

**Mentor:** dr. sc. Vernesa Smolčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Monte Carlo simulacija protojata u COSMOS projektu

**Sadržaj teme:**

Skupovi galaksija su gravitacijski vezane, virializirane strukture galaksija koje su nastale iz tzv. protojata galaksija. Cilj ovog rada jest simuliranje protojata galaksija na razlicitim crvenim pomacima koristeći Monte Carlo simulacije i uzimajući u obzir pogreske fotometrijskih crvenih pomaka specifičnih za COSMOS projekt. Simuliranjem velikog broja protojata odredit će se karakteristike metode traženja protojata u COSMOS pregledu neba, poput kompletnosti, kontaminacije, površinske gustoće i efektivnog radijusa, te njihovo ponašanje za različite tipove protojata i crvene pomake.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Vernesa Smolčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Simuliranje spektara kvazara iz Sloan Digital Sky Survey

**Sadržaj teme:**

Sloan Digital Sky Survey (SDSS) je jedan od najvećih fotometrijskih i spektrometrijskih pregleda neba današnjice, koji pokriva preko 14,000 kv. stupnjeva neba i sadrži spektre preko 4 milijuna objekata. U sklopu istraživanja barionskih akustičnih oscilacija (eng. 'Barionic Oscillations Spectroscopic Survey', BOSS), SDSS je sakupio spektre 290,000 kvazara i pripadajućih Lyman alpha šuma u srednjoj rezoluciji, na umjerenim kozmološkim udaljenostima ( $2 < z < 3.5$ ). Cilj ove diplomske radnje je konstrukcija umjetnog SDSS BOSS kataloga kvazara stvarajući umjetne spektre. Ovaj će katalog biti iskorišten kako bi se uklonili sistematski efekti prisutni u pravim podacima, provjerila opravdanost korištenja drugih statističkih metoda pri obradi pravih podataka i bolje interpretirali rezultati dobiveni iz pravih podataka. Student će naučiti o statističkim svojstvima Lyman alpha šume, fizikalnim procesima koji utječu na distribuciju barionske tvari i metodama modeliranja velikih skupova podataka.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)



**Mentor:** dr. sc. Vernesa Smolčić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Studies of neutral hydrogen gas in distant galaxies using the Sloan Digital Sky Survey /Proučavanje plina neutralnog vodika u dalekim galaksijama koristeći Sloan Digital Sky Survey (komentorica: Jacinta Delhaize)

**Sadržaj teme:**

Outline: Neutral hydrogen gas (HI) is the building block of galaxies as it is the primary fuel for star formation. However, limited radio telescope sensitivities restrict the redshift to which the 21cm emission line of HI can be directly detected. This restricts our understanding of how the cosmic HI density evolves over cosmic time. To overcome these issues, the spectral stacking technique can be employed to push the redshift limit of radio observations. This is a statistical detection strategy which does not require individual HI detections of galaxies, but can efficiently and effectively provide information on the average HI properties of galaxies at a given redshift. The student will use an HI survey of the Stripe-82 region collected with the Parkes radio telescope (in New South Wales, Australia). Galaxy positions and redshifts will be provided by the optical Sloan Digital Sky Survey. The student will measure the average HI mass of the galaxy sample, determine the cosmic HI mass density of the Universe at a lookback time of  $\sim 2$  billion years, develop skills in combining multiwavelength data sets and learn statistical analysis techniques.

Sažetak: Plin neutralnog vodika osnovna je građevana jedinica galaksija budući da je gorivo za nastanak zvijezda. Međutim, granice osjetljivosti radio teleskopa ograničavaju crvene pomake na kojima se emisijska linija na 21 cm, koja dolazi od HI, može izravno detektirati. To ograničava naše razumijevanje promjene kozmičke gustoće HI sa starošću Svemira. Kako bi nadišli ove probleme, koristimo tehniku slaganja spektara čime pomićemo granicu crvenih pomaka u radio opažanjima. Slaganje je strategija statističke detekcije koja ne zahtjeva pojedine detekcije HI u galaksijama, već efikasno i efektivno daje informacije o usrednjenim HI svojstvima galaksija u danom uzorku galaksija na danom crvenom pomaku. Student(ica) će koristiti HI opažanja područja neba "Stripe-82" snimljena Parkes radio teleskopom (New South Wales, Australija). Položaji galaksija i crveni pomaci nalaze se iz optičkog kataloga Sloan Digital Sky Survey. Student(ica) će mjeriti srednju masu HI uzorka galaksija, odrediti kozmičku gustoću mase HI u Svemiru do  $\sim 2$  milijarde godina u prošlosti, razviti vještine kombiniranja setova podataka različitih valnih duljina te naučiti različite tehnike statističke analize.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivica Smolić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Nasljeđivanje simetrija

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivica Smolić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Eksperimentalne provjere opće teorije relativnosti

**Sadržaj teme:**

Opću teoriju relativnosti, utemeljenu na geometrijskom prikazu gravitacije i formaliziranu tenzorskom jednadžbom polja, postavio je Albert Einstein prije 100 godina. Ova gravitacijska teorija predviđa niz fizikalnih fenomena, kako onih koji donose "sitne" popravke u klasičnoj Newtonovoj teoriji gravitacije, tako i onih kvalitativno novih. Tijekom proteklog stoljeća izvršen je niz pokusa s kojima su provjeravani osnovni principi i najvažnija predviđanja opće teorije relativnosti, među kojima su najpoznatiji jednakost inercijalne i trome mase, zakretanje svjetlosnih zraka u blizini masivnih objekata, precesije orbita planeta i žiroskopa u orbiti oko Zemlje te razne vremenske dilatacije. Cilj ovog diplomskog rada je napraviti pregled spomenutih testova i njihovih zaključaka.

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

**Mentor:** dr. sc. Ivica Smolić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Ergopodručja u općoj teoriji relativnosti

**Sadržaj teme:**

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

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Ivica Smolić

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kosa crnih rupa

**Sadržaj teme:**

Iako crne rupe nastaju kolapsom složenih, makroskopskih objekata, stacionarne crne rupe su obilježene tek s nekoliko "naboja", poznatih kao "kosa". U slučaju crnih rupa koje su opisane Einstein-Maxwellovim jednadžbama polja imamo 3 "naboja": masu  $M$ , zamah  $J$  i električni naboj  $Q$ . U prisustvu drugih (skalarnih, ne-Abelovih) polja moguć je i dodatni, ali ograničen broj "naboja". U novije vrijeme su se pojavili rezultati koji ukazuju na odsustvo kratke kose crnih rupa. Cilj ovog rada je napraviti pregled svih rezultata koji daju restrikcije o kosi crnih rupa.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Davorin Sudac

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Određivanje količine metan hidrata u morskom sedimentu

**Sadržaj teme:**

Relativno nedavno, u zadnjih 20 godina, otkrivena su nalazišta metan hidrata (MH) u permafrostu i oceanima. Prije 1965 godine, kada su prvi depoziti MH otkriveni u prirodi, vjerovalo se da se MH može naći jedino u laboratorijskim uvjetima ili u dalekim predjelima svemira. Danas se pretpostavlja da su ti čvrsti kristalići, koji se sastoje od molekule metana CH<sub>4</sub> u rešetki leda, izvor energije komparabilan sa ili veći od postojećih ugljikovodičnih izvora energije. Pretpostavljene količine MH kreću se od 2x10<sup>14</sup> m<sup>3</sup> do 3.053x10<sup>18</sup> m<sup>3</sup>, Mordis et al. [1]. Neodređenost u pretpostavljenoj količini posljedica je geološkog nerazumjevanja MH depozita, uzrokovanog lošom kvalitetom podataka dobivenih seizmičkim i elektromagnetskim tehnikama. MH depoziti osjetljivi su na klimatske promjene, koje su se već dešavale u geološkoj prošlosti, sa strašnim posljedicama po globalni život na Zemlji [2]. S obzirom na navedeno, potreban je razvoj novih tehnika koje će povećati naše sposobnosti da bolje karakteriziramo, kvantificiramo i monitoriramo MH nalazišta. Nedavno je dokazano da se brzi neutroni i metoda pridružene alfa čestice mogu koristiti pod vodom u utvrđivanju varijacija u C/O omjeru [3]. Utvrđeno je i poznato da se omjer količine ugljika i kisika može koristiti u otkrivanju i monitoriranju rezervi ugljikovodika. Mjerenja će se provesti u laboratorijskim uvjetima korištenjem MH simulanta, pomiješanog s morskim sedimentom u različitim omjerima, s ciljem nalaženja minimalne detektirane količine u ovisnosti o vremenu mjerenja, okolini (voda ili zrak) i geometriji. Neutroni energije 14 MeV generiraju se u 3H(d,n)4He nuklearnoj reakciji. Reakcija je izotropna u sustavu centra mase i neutroni se emitiraju u svim smjerovima. Mjerenjem alfa čestica i brzine proleta neutrona moguće je elektronički kolimirati neutronske snop i smanjiti pozadinsko zračenje nastalo interakcijom neutrona s okolinom. Neutroni "obilježeni" alfa česticama interagiraju sa jezgrama uzorka generirajući karakteristične gama zrake. Intenzitet gama zrake dane energije razmjernan je količini danog elementa u uzorku. [1] Mordis GJ et al. 2009. Toward production from gas hydrates: current status, assessment of resources, and simulation based evaluation of technology and potential. SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 12/5, 745-771 [2] Kennett JP et al. 2000. Carbon isotopic evidence for methane hydrate instability during quaternary interstadials. Science 288, 128-133. [3] Nuclear Instruments and Methods A, 703, (2013) 133-137. 10.1016/j.nima.2012.11.096.

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kvantne tekućine

**Sadržaj teme:**

Tekućine s kojima se svakodnevno susrećemo su u takozvanoj hidrodinamičkoj granici, što znači da energija iznosa  $kT$  može pobuditi mnoštvo mikroskopskih stanja. Raspršenjem među njima se uvode nova stanja, te se pojavljuje trenje. No postoji i suprotna granica, u kojoj je pobuđeno tek jedno ili mali broj kvantnih stanja, a tekućina ipak teče. Kako ona to uspijeva? Objašnjenja variraju od slučaja do slučaja, a odnose se na niz zanimljivih i tehnološki važnih stanja materije na niskim temperaturama: supravodljivost, supratekućost, kvantni Hallov učinak, Bose-Einsteinova kondenzacija, no i "obični" elektronski plin u metalima je u stvari kvantna tekućina, koja tek isprva ne izgleda neobično. Ovo otvara mogućnosti diplomskih radova raznih usmjerenja, a koja objedinjuje to svojstvo kvantne mehanike, da broj dostupnih stanja gibanja može biti i puno manji od broja čestica.

**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:** Kinetička stakla

**Sadržaj teme:**

Tekućine s kojima se svakodnevno susrećemo su u takozvanoj hidrodinamičkoj granici, što znači da su njihovi mali dijelovi svaki za sebe u termodinamičkoj ravnoteži, dok se odstupanja od ravnoteže očituju na velikim udaljenostima i za vremena puno duža, nego je potrebno da jedna sićušna kapljica dođe u ravnotežu. Kinetička stakla predstavljaju suprotnu situaciju, kad je gibanje molekula tako ometeno da se ravnoteža ne uspijeva uspostaviti već na nanometarskim skalama, a neravnotežno stanje traje vrlo dugo. Pojmovni aparat stečen na ovakvim sustavima ima iznenađujuće širok raspon primjena, od polimera u zubnim ispunama, do prometnih kolapsa. Svjetskim istraživanjima ustakljivanja dominiraju računalne simulacije, većinom na razini koja je dostupna i u Zagrebu. Demonstracijski primjeri tih simulacija se mogu izraditi i na razini diplomskog rada, za nekog tko je sklon programiranju.

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

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

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Jako korelirani elektroni

**Sadržaj teme:**

Suvremenim istraživanjima u fizici kondenzirane tvari dominiraju materijali neobičnih kombinacija svojstava, koja ukazuju da su elektroni u njima daleko od granice idealnog plina, bio to idealni plin slobodnih čestica (za metale) ili idealni pline magnetskih momenata (za lokalizirane elektrone u magnetskim materijalima). Čini se kao da isti elektroni provode vrijeme u različitim stanjima. Fizikalni pojmovi i pristupi za opis ovakvih sustava, od kojih se neki razvijaju i u Zagrebu, mogu se naučiti proučavanjem pojednostavljenih slučajeva, pogodnih za izradu diplomskog rada. Ti slučajevi obuhvaćaju analitičko ili numeričko opisivanje malih sustava, račun smetnje u posebno odabranim modelima, te varijacione metode.

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

**Mentor:** dr. sc. Ana Sušac

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Učeničko razumijevanje gustoće u ruralnim i urbanim osnovnim školama

**Sadržaj teme:**

Istraživanja u edukacijskoj fizici u razvijenim i nerazvijenim zemljama ukazuju na razlike u poučavanju fizike u ruralnim i urbanim sredinama. U ovom radu primijenit će se metode istraživački usmjerene nastave za uvođenje pojma gustoće na početku 7. razreda osnovne škole. Istražit će se učinkovitost tog pristupa u ruralnim i urbanim školama.

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

**Mentor:** dr. sc. Ana Sušac

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Primjena interaktivnih nastavnih materijala u poboljšavanju učeničkog razumijevanja grafova u kinematici

**Sadržaj teme:**

Nastavna praksa i istraživanja u edukacijskoj fizici ukazuju na brojne učeničke poteškoće vezane uz razumijevanja grafova u kinematici. U ovom radu primijenit će se postojeće i razviti nove simulacije i drugi interaktivni nastavni materijali koji bi trebali pomoći učenicima u boljem razumijevanju grafova. Istražit će se učinkovitost razvijenih materijala u nastavi.

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

**Mentor:** dr. sc. Tonči Tadić

**Institucija:** IRB

**Naslov teme:** Prilagodba energije ubrzanih iona za ozračavanje materijala od interesa za fuzijske reaktore

**Sadržaj teme:**

Ozračavanjem materijala fuzijskim neutronima energije 14.1. MeV mijenjaju se njegova fizička i kemijska svojstva. Izlaganjem uzoraka ionima iz akceleratora mogu se simulirati efekti u materijalu kao pri ozračavanju fuzijskim neutronima. Komora za ozračavanje s dva ionska snopa MeV-skih energija koji padaju u istu točku, biti će upotrijebljena za ozračavanje materijala od interesa za fuzijske reaktore. Budući da snop iona gubi energiju vrlo nejednoliko na svojoj putanji u materijalu, postižući maksimum na najvećoj dubini, nužna je ugradnja sustava za prilagođavanje i variranje energije ubrzanih iona. Time se nastoji postići što ravnomjernija raspodjela predaje energije iona u materijalu duž cijele putanje, od ulaska u materijal do krajnjeg doseg u materijalu. Diplomski rad bi obuhvatio projektiranje i ugradnju tzv. ion beam degradera tj. jednostavnog sustava za mehaničko variranje energije ubrzanih iona MeV-skih energija, korištenjem više metalnih folija razne debljine. Uz proračun kočenja i rasapa snopova iona u ovakvim sustavima, u sklopu izrade diplomskog rada biti će eksperimentalno testirane energijske i kutne raspodjele usporenenih iona.

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Emil Tafra

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Magnetotransportna svojstva organskih vodiča

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. 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  $\text{STiO}_3$  i  $\text{KTaO}_3$  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 mjerenje promjene električnog otpora s temperaturom, električnog otpora u magnetskom polju (magnetootpora) i Hallvog efekta u vrlo jakim magnetskom poljima do 16 T i širokom temperaturnom području od 0.3 K do 300 K. 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)

**Mentor:** dr. sc. Emil Tafra

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Kaotične oscilacije u nelinearnom električnom titrajnom krugu

**Sadržaj teme:**

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

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Spektrometar s CCD detektorom"

**Sadržaj teme:**

Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Spektrometar s CCD detektorom" Sadržaj: Spektrometar s CCD detektorom je kompaktna varijanta spektrometra s difrakcijskom rešetkom, bez pomičnih dijelova koje inače sadrži svaki "klasični" spektrometar. U ovom spektrometru difrakcijska rešetka je nepomična, a spektar se mjeri na CCD detektoru linearnog tipa. U prvom dijelu rada student će proučiti jedan takav spektrometar koji u Praktikum iz atomske fizike služi kao jedna od vježbi za studente istraživačkog smjera. Nakon upoznavanja sa spektrometrom izmjeriti će i objasniti spektre nekoliko karakterističnih izvora svjetlosti i istražiti njihove spektralne karakteristike, kao i mogućnosti i ograničenja samog uređaja. Obzirom da ovaj spektrometar pruža i mogućnost vremenskog razlučivanja i praćenja razvoja spektra u vremenu student će istražiti i ovu osobinu spektrometra. U drugom dijelu rada student će istražiti mogućnosti za izradu priručnog spektrometra koji bi se mogao koristiti u školi kao pomagalo prilikom obrađivanja tema iz atomske fizike i spektroskopije. Smjerovi: svi nastavni smjerovi

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Izboj u šupljoj katodi i njegove primjene"

**Sadržaj teme:**

Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Izboj u šupljoj katodi i njegove primjene" Sadržaj: Izboj u šupljoj katodi je posebna varijanta niskotlačnog istosmjernog izboja koji ima niz važnih primjena. U prvom dijelu rada student će proučiti fiziku niskotlačnog izboja u plemenitom plinu, te ovisnost atomskih procesa o geometriji izboja, s posebnim osvrtom na izboj s cilindričnom katodom. Izmjeriti će spektre nekoliko karakterističnih izvora svjetlosti sa šupljom katodom i istražiti njihove spektralne karakteristike, a posebno uvjete pod kojima dolazi do efekta šuplje katode. U drugom dijelu rada student će opisati primjene izboja u šupljoj katodi u atomskoj apsorpcijskoj spektroskopiji i konstrukciji posebnih lasera u kojima je radni medij smjesa metalnih para i plemenitih plinova. Smjerovi: svi nastavni smjerovi

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



**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Michelsonov interferometar i njegove primjene u spektroskopiji"

**Sadržaj teme:**

Mentor: prof. dr. Damir Veža Naslov teme: "Michelsonov interferometar i njegove primjene u spektroskopiji" Sadržaj: Michelsonov interferometar (MI) je jedan od interferometara koji rade na principu dijeljenja amplitude svjetlosnog vala i naknadnog superponiranja dva vala na nekom detektoru. U prvom dijelu rada student će proučiti Michelsonov interferometar koji u Praktikumumu iz atomske fizike služi kao jedna od vježbi za studente istraživačkog smjera. Nakon upoznavanja s interferometrom izmjeriti će interferograme nekoliko koherentnih i nekoherentnih izvora svjetlosti, te odrediti valne duljine tih izvora svjetlosti. U drugom dijelu rada student će detaljno opisati (a) Fourier transform spektrometar i (b) lambdametar s putujućim valom, kao dvije vrlo važne primjene MI. Smjerovi: svi nastavni smjerovi

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

**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Prof. Caroline Andreazza (Uni-Orleans): "Phase transition in nanoalloys: Defects and kinetic effects"

**Sadržaj teme:**

Prof. Caroline Andreazza :

"Phase transition in nanoalloys: Defects and kinetic effects"

From a general point of view, the project intends to answer to one of the main objectives in nanoscience which consists to reveal the nanostructure of nanoalloys. The knowledge of the atom arrangement in nanoparticles composed of two or more metallic compounds is essential in order to understand and to tune their functional properties.

The project aims at preparing and characterizing nanoparticles with potential applications in plasmonic or catalysis coupling different metals such as Pt, Co, Ag. An ultra-high vacuum experimental equipment, especially devoted to the preparation of the nanoparticles will be used. This equipment allows co-deposition or sequenced deposition of the two or three metals leading to alloyed or core-shell nanostructure. Taking account of the ultimate size of these objects (2-10nm), studying their structural and chemical characteristics is quite a complex task which will require the use of a combination of well-dedicated techniques. Transmission electron microscopy (HR, HAADF, EFTEM modes), X-ray methods (x-ray diffraction and small angle x-ray scattering), XPS and RBS methods will be used in order to provide complementary informations on the chemical order and an accurate description of the structure. The effect of the temperature and preparation mode (co-deposition or sequential deposition) will be particularly studied in order to define the kinetic effects on the phase transitions.

Profile of the student: The student should follow graduate studies in Materials Science, Condensed matter physics, or related discipline. He/she will be first trained to UHV preparation method and to the specific approach required for nanomaterials investigations. Experimental skills and care will be needed to carry out this project. The student should also have good communication skills to participate in this collaborative work.

Keywords: Nanoalloys, phase transition, UHV evaporation, structural characterizations method

Contact: Caroline Andreazza : [caroline.andreazza@univ-orleans.fr](mailto:caroline.andreazza@univ-orleans.fr) Laboratory website: <http://www.crmd.cnrs-orleans.fr/>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Prof. Nadjib SEMMAR (Uni-Orleans): Laser nano-structuring of thin metallic films : characterisation by time-resolved reflectometry

**Sadržaj teme:**

Prof. Nadjib SEMMAR: Laser nano-structuring of thin metallic films: characterisation by time-resolved reflectometry

Nano-structuration of thin film surface using pico and nanosecond laser beam is a big challenge for future microelectronics applications (MEMS/NEMS) but also for surface properties control. Two kind of thin films should be studied in two wavelength regime (266, 355 nm) Copper/substrate (glass and silicon) and Cobalt/substrate (glass/silicon). Two-temperature model is used to resolve the electrohydrodynamic interaction at the surface (EM and melting phase) to achieve the best conditions for calculating the amplitude and period of nanostructures. Also time resolved reflectometry is employed to confirm the presence of the liquid phase (melting) even working at very low laser fluence (much lower than the ablation threshold).

Period: 3 months minimum from March to August Supervisor: Nadjib SEMMAR, Professor/ GREMI Laboratory-UMR 7344 Contact : nadjib.semmar@univ-orleans.fr

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Damir Veža

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Prof. Eva Kovačević (Uni-Orleans): "Plasma synthesis and functionalization of materials"

**Sadržaj teme:**

Prof. Eva Kovačević:

"Plasma synthesis and functionalization of materials"

Low temperature plasmas are a versatile tool for synthesis, activation and functionalization of various materials and for different applications- from astrophysics to technology. Our work is oriented towards synthesis of nanomaterials and nanostructured materials and their functionalization in order to control their surface wettability. The applications of these materials are in the field of biosensors or photonics. Plasma synthesis in this project is oriented towards nanostructured carbon or oxide surfaces (nanoparticles, rods, tubes). Plasma treatment of this materials, depends on the type of plasmas brings on the surface new functional groups- for example amino groups. In order to obtain the full control of the procedure necessary is full control of plasma process- thus the various in-situ and ex-situ plasma and material diagnostics would be applied- from optical spectroscopy, mass spectroscopy, MW interferometry, in-situ FTIR. The internship student will work in international environment and in contact with colleagues from different institutes.

Profile of the student: The student should follow graduate studies in Physics, FER or related. He/she will be first trained to plasma and certain material analysis methods and to the specific approach required for investigations of nanomaterials. Experimental skills and care will be needed to carry out this project. The student should also have good knowledge of English language and communication skills to participate in this collaborative work.

Keywords: Nanocarbons, nanostructured oxides, low temperature plasmas, spectroscopy, FTIR, mass-spectroscopy, microscopy

Contact: Eva Kovacevic Laboratory website: <http://www.crmd.cnrs-orleans.fr/>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tihomir Vukelja

**Institucija:** PMF

**Naslov teme:** Galileijeva teorija gibanja

**Sadržaj teme:**

Teorija gibanja koju je razvio Galileo Galilei bila je odlučujući korak prema modernoj – Newtonovoj – teoriji gibanja. Pri tome je bilo važno Galileijevo shvaćanje gibanja kao stanja tijela, a ne, kao kod Aristotela, kao razvoja ili procesa ozbiljenja forme, njegovo naglašavanje relativnosti gibanja, razmatranje inercijalnoga gibanja, a napose matematički prikaz slobodnoga pada i putanje projektila, koji je pristašama »mehaničke filozofije« u 17. stoljeću poslužio kao oslonac razmatranja mogućnosti matematičkoga opisivanja svih »zemaljskih« gibanja. U radu bi se prikazala Aristotelova teorija gibanja, kao ona prihvaćena na sveučilištima Galileijeva doba, te posljedice koje je ona imala po tadašnja kozmološka razmatranja. Potom bi se opisala Galileijeva motivacija za teorijsko i eksperimentalno istraživanje gibanja i rezultati koji su proizašli iz tog istraživanja. Konačno, prikazale bi se rane reakcije znanstvene zajednice na Galileijevu teoriju gibanja te učinak te teorije na razvoj fizike.

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

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Vuletić

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Kada viševalentni ion postaje poliion?

**Sadržaj teme:**

Interakcija lipidnih struktura (vezikule, (dvo)slojevi, cijevi...) sa DNK se istražuje budući su lipidni dobar odabir za isporuku biofarmaka, pa čak i genetskog materijala u stanicu. U sklopu bilateralnog projekta s kolegama iz Graza namjeravamo istraživati lipidne mnogodvosloje dopirane sa vrlo kratkim fragmentima DNK (3, 6, 10 nukleotida), koji su veličinom između točkastih iona i linearnih poliiona. Fragmenti bi ovdje poslužili kao polivalentni anioni koji utječu na razmak mnogodvosloja. Diplomant bi u Zagrebu radio na uređajima FCS (fluorescencijska korelacijska spektroskopija) i QCM-D (kvarcna mikrovaga). Sa FCSom bi mjerio koeficijent difuzije fluorescentno obilježenih fragmenata DNK u vodenom mediju i u kompleksu s lipidima pripremljenim u Grazu. Na kvarcnoj mikrovagi bi se pratila depozicija lipidnih slojeva (osjetljivost je  $\text{ng/cm}^2$  – dakle monoslojevi) i promjena njihovih disipacijskih svojstava pri dodavanju DNK fragmenata ili običnih multivalentnih iona spermina i spermidina. Diplomant ima priliku provesti i nekoliko mjeseci u Grazu kako bi proširio svoja istraživanja iz Zagreba te usvojio i metodu raspršenja X-zraka kojom bi se pratila promjena debljine dvosloja dodavanjem DNK (<http://www.uni-graz.at/~pabstg/>). Otvorena je i mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama. Više informacija na <http://soft.ifs.hr>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Vuletić

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Istraživanje ligand-receptor vezanja i denaturacije DNK u prisustvu molekula krioprotektanata

**Sadržaj teme:**

Od interesa je utjecaj miješanih otapala vode i krioprotektanata: etilen-glikola, glicerola i DMSO na biomakromolekule koje se u tim otopinama štite pri zamrzavanju. Naime, vezanje dvaju lanaca DNK je ostvareno brojnim vodikovim vezama između baza, koje su same pak hidrofobne. Solvofobna interakcija je slabija u krioprotektantima i postoji utjecaj na vezanje koji se spomenutim metodama može mjeriti. Tj. otprije je poznato kako temperatura denaturacije opada u nevodenom mediju, no to nije istraživano našim tehnikama. Dakle, diplomant bi izveo istraživanja denaturacije DNK transportnim tehnikama – konduktometrija i FCS mjerenja difuzijskog koeficijenta fragmenata (FCS, fluorescencijska korelacijska spektroskopija) u različitim uvjetima okoline. Naša transportna i difuzijska mjerenja bi mogla dati interesantne rezultate budući su krioprotektanti slabiji dielektrici od vode, što smanjuje zasjenjenje naboja u otopini, a posebice i kondenzaciju protuiona na makromolekulama – a upravo bi te promjene trebale biti vidljive u promjeni vodljivosti otopine DNK. Utjecaj krioprotektanata na denaturaciju DNK istraživao bi se i metodom spektroskopije molekularnih sila (molecular recognition force spectroscopy, MRFS) pri kojoj se koristi uređaj AFM (atomic force microscope- mikroskop atomskih sila). Istraživanje SMFS bi se provela u suradnji s grupom u Linzu (<http://www.jku.at/biophysics/>). Otvorena je i mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama. Više informacija na <http://soft.ifs.hr>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**Mentor:** dr. sc. Tomislav Vuletić

**Institucija:** IFS

**Naslov teme:** Nanopore

**Sadržaj teme:**

Potreba za brzim sekvenciranjem DNK molekula, u kliničkoj i znanstvenoj primjeni, otvara niz novih, fundamentalnih pitanja u području biofizike. Umjesto vremenski zahtjevnog rada s otopinama, današnje se metode baziraju na stvaranju DNK senzora/čipova. DNK i proteini se mogu detektirati i pri prolazu kroz nanopore (dijametar 3-20 nm) u membrani materijala kao što su grafen, MoS<sub>2</sub> ili SiNx. Rad na nanoporama se odvija u sklopu našeg UKF projekta i suradnje sa EPFL, Lausanne, Švicarska, <http://ben.epfl.ch/>. Nanopore se u Zagrebu proizvode metodom dielektričnog proboja na SiNx membranama pripremljenim na EPFLu, no nedostaje nam mogućnost vizualizacije pripremljenih nanopora. Stoga bi diplomant sudjelovao u razvijanju metode bušenja nanopora metodom pretražne mikroskopije, naponskim izbojem (scanning tunneling m., STM; atomic force m., AFM). Pogodniji je AFM uređaj u našem laboratoriju, budući posjeduje video-kameru kojom se SiN membrana može pozicionirati pod vršak AFM mikroskopa. Također mu je i područje pretraživanja veličine 10 μm što olakšava pronalaženje regije od interesa. Izravna uloga diplomanta bi bila izvođenje probnih mjerenja translukacije DNA molekula kroz novodobivene pore i analiza dobivenih događaja translukacije. Otvorena je mogućnost usavršavanja rada sa AFMom i u suradnom laboratoriju u Linzu (<http://www.jku.at/biophysics/>), kao i mogućnost sudjelovanja na radionicama i ljetnim školama. Više informacija na <http://soft.ifs.hr>

**Smjerovi:** fizika (istraživački)

**PREDLAGATELJ/VODITELJ:** doc.dr.sc. Davor Horvatić

**OKVIRNA TEMA:** Hopfov svežanj i elektromagnetsko polje

**PRIKLADNO ZA SMJEROVE:** Diplomirani inženjer fizike - teorijski smjer

**KRATAK OPIS TEME:** Hopfov svežanj otkriven je 1931. godine u kontekstu čiste matematike i njegova konstrukcija predstavlja važan iskorak u razumijevanju viših grupa homotopije sfera. Kasnijim proučavanjem uočeno je kako se Hopfov svežanj pojavljuje u geometrijskoj pozadini niza fizikalnih pojava. U ovom radu bi glavni fokus bio na povezanosti Hopfovog svežnja s magnetskim monopolima, te nedavno otkrivenom klasom rješenja Maxwellovih jednadžbi u kojima su silnice električnog i magnetskog polja svezane u čvorove. Komentirati će se pokušaji da se takve konfiguracije realiziraju u laboratoriju.

**PREDLAGATELJ/VODITELJ:** Darko Androić

**OKVIRNA TEMA:** Edukacijske pretpostavke za usvajanje osnovnih i izvedenih fizikalnih mjernih jedinica

**PRIKLADNO ZA SMJEROVE:** Profesor fizike, Profesor fizike i informatike, Profesor matematike i fizike, Profesor fizike i kemije, Profesor fizike i tehnike s informatikom

**KRATAK OPIS TEME:** Mjerenje je polazište za razumijevanja fizikalnog svijeta. Stoga i koncept mjernih jedinica, kako osnovnih tako i izvedenih, čini važnu uporišnu točku prirodoznanstvenog, ali i općeg, obrazovanja u osnovnoj i srednjoj školi. Nažalost ishodi učenja ne moraju biti jednoznačno trasirani valjanošću provedbe obveznih kurikularnih sadržaja predviđenih planom i programom. Jedan dio uspješnosti usvajanja fizikalnih koncepata u dobroj je mjeri vezan za predznanja i aktivnosti učenika u razdoblju koje prethodi formalnom učenju fizike. Stvar je još kompliciranija s obzirom da se životne navike djece mijenjaju iz generacije u generaciju te nije moguće pouzdano računati na prethodna iskustva i predznanja učenika.

Cilj diplomskog rada je brzo utvrđivanje učeničkih koncepata na koje može računati nastavnik fizike u sedmom razredu osnovne škole s obzirom na problem poimanje osnovnih fizikalnih jedinica, te pretpostavki za usvajanje izvedenih mjernih jedinica kao što su na primjer brzina, tlak. Bit će izrađen egzemplar upitnika, te će valjanost i doseg njegove primjene biti testirana na skupini učenika sedmog razreda.