



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ |
ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ | БЕОГРАД
ИНСТИТУТ ОД НАЦИОНАЛНОГ
ЗНАЧАЈА ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ

ПРЕДЛОЗИ ЗА СТУДЕНТСКЕ ПРАКСЕ

јесен 2019. године

Ако сте заинтересовани, јавите нам се на електронску адресу: prakse@ipb.ac.rs

Поред одабране теме за праксу, пошаљите свој CV и списак положених испита са оценама (не мора да буде званичан документ).

dr Marko Vojinović

Modeliranje geometrije u kvantnoj gravitaciji

Jedan od mogućih opisa geometrije u kvantnoj gravitaciji bazira se na deo-po-deo ravnim mnogostrukostima (tzv. simplicijalni kompleksi, ili triangulacije). U okviru ovakvog pristupa, pored ostalog, mogu se studirati sledeća dva problema: (1) modeliranje diskretizovanog prostorvremena sa odgovarajućom kauzalnom strukturom i ispitivanje kvantne superpozicije kauzalnih poredaka, i (2) modeliranje prostorvremena sa mesovitom signaturom metrike i pokušaj objasnjenja minusa u Minkowski metrici. U pitanju su netrivialni problemi iz geometrije, koji su veoma važni za kvantnu gravitaciju, ali su vrlo teški i moraju da se rešavaju numeričkim tehnikama (koje su razvijene do pola, mahom u C-u).

Rad na temi bi se sastojao u (a) ucenju i razumevanju odgovarajuće teorije, zatim (b) razvoju odgovarajućeg koda za numeričku analizu u C-u, i konačno (c) primeni tog koda za rešavanje problema (1) i (2).

Od potrebnih preduslova važni su: dobra intuicija za geometriju u 4 dimenzije i znanje programiranja u C-u (pointer aritmetika, liste, drveta i ostale strukture, primese C++, isl).

др Лидија Живковић

Тема 1: Испитивање перформанси b -цет тригера коришћењем новог система за идентификацију трагова

У програму рада великог судараца хадрона (ЛХЦ) и његових експеримената, недавно су испитани потенцијали за откривање нових честица и прецизније мерење процеса из Стандардног модела са унапређеним акцелератором и детекторима. Једна од најзначајнијих тема биће испитивање константе само-спрезања Хигсовог бозона. Највећа вероватноћа за распад Хигсовог бозона је у пар b -кваркова, што се у детектору записује као појава цетова (млаз честица) који настају од b -кварка. Да би се сачували интресантне догађаји са овим b -цетовима у условима какви ће постојати на унапређеном ЛХЦ-у неопходно је унапредити тригере. Експеримент АТЛАС тренутно испитује увођење новог детекторског система за идентификацију трагова на нивоу тригера. У оквиру пројекта студент ће испитивати утицај особина трагова на понашање тригера за b -цетове. Поред осталог, испитиваће могућности опсервације догађаја где се Хигсов бозон распада на два Хигсова бозона, који се онда распадају на b -кваркове, из чега може да се мери константа само-спрезања.

Тема 2: Унапређење техника за потрагу додатног Хигсовог бозона у процесу $bH \rightarrow bbb$ коришћењем модерних метода машинског учења

Иако Хигсов бозон, откривен на великом сударачу хадрона (ЛХЦ), показује све особне које предвиђа Стандардни модел, постоје бројне индикације постојања физике ван стандардног модела. Многе нове теорије предвиђају постојање додатних Хигсових бозона. Истраживаће се процес $bH \rightarrow bbb$ коришћењем модерних метода машинског учења. У физици високих енергија до сада су се најчешће користиле методе бустованог стабла одлучивања (Boosted Decision Tree BDT) и неуронских мрежа. У последње време дошло је до експанзије неуронских мрежа применом меотда дубинског учења (Deep Learning). Од студента се пре свега очекије да овлада техникама машинског учења, како би била одабрана најбоља метода за примену на анализу процеса $bH \rightarrow bbb$.

dr Igor Franović

Coherence-incoherence Patterns in Arrays of Non-locally Coupled Oscillators

The classical Kuramoto paradigm based on synchronization of weakly coupled phase oscillators has provided an extremely successful framework for the description of the emergence of collective behavior in a large variety of systems, ranging from the onset of normal and pathological rhythms in the brain or the entrainment in coupled chemically reacting cells, over mechanisms regulating heartbeat, gene expression or certain types of social behavior, up to coordinated activity in Josephson junction circuits, mode-locked lasers or power grids. Such universality comes from the fact that all these systems exhibit synchronization-mediated self-organization, where the macroscopic dynamics undergoes a continuous (second-order) phase transition from a disordered state of phase turbulence to a state of partial synchrony, with the basic idea being that increasing the coupling strength counteracts the effect of heterogeneity of oscillators' natural frequencies. Nevertheless, all these phenomena are typically associated to systems with local or global interactions. It has recently come to light that introducing non-local interactions in spatially extended systems of identical oscillators gives rise to a novel form of self-organization, based on spontaneous symmetry (or rather synchrony) breaking. In particular, one observes hybrid coherence-incoherence states, characterized by coexistence of ordered (synchronized) and disordered (desynchronized, typically chaotic) spatial domains. These states have fittingly been named chimeras, after a mythical beast that is, just as its dynamical counterparts, comprised of incongruous parts. Their existence remained hidden for a long time because in most instances, they coexist with the fully synchronized state. However, chimeras have now been confirmed in a number of real-world applications, including chemical, electrical or electronic and optoelectronic devices, and are believed to play an important role in the unihemispheric sleep of birds and dolphins, as well as in epileptic seizures, power grids, and certain social systems.

Within the present project, the students will become familiar with the state-of-the-art numerical and analytical methods applied in the fields of nonlinear dynamics and pattern formation. In terms of analytical methods, the statistical features of chimeras and the bifurcations outlining their stability boundaries can be investigated within the framework of the powerful Ott-Antonsen formalism. However, as soon as the number of oscillators becomes too small, the chimera states become unstable and collapse toward a completely coherent state. The associated finite-size features of chimeras, such as the excitable behavior of units at the interface between coherent and incoherent domains, as well as their finite life-times, are intended to be analyzed via numerical simulations.

dr Magdalena Đorđević

QGP tomography

Pozicija za praksu je u okviru Horizon2020 ERC projekta "QGP tomography" u grupi dr Magdalene Djordjevic. Kandidat ce raditi na numerickim metodama i dobijanju predvidjanja za gubitke energije visoko-energijskih cestica u kvark-gluonskoj-plazmi (QGP). Student ce steci iskustvo iz teorijskih/racunskih metoda vezanih za fiziku QGP-a, poredjenju teorijskih predvidjanja sa eksperimentalnim rezultatima, kao i u intenzivnom radu na racunarima.

dr Milica Milovanović

Topoloski superprovodnici, interakcija sa magnetnim necistocama

Razmatracemo opis topoloskih superprovodnika koji narušavaju simetriju na vremensku inverziju. Proučaćemo njihovu interakciju sa magnetnim necistocama, da bi otkrili i opisali njihovu reakciju - struje i njihovu spinsku polarizovanost u prisustvu magnetnih necistoca. Proučaćemo koliko je reakcija specifična za određene vrste topoloskih superprovodnika tj. da li može doprineti njihovoj identifikaciji. Same necistoce razmatracemo u kvantnom, Kondo režimu kao ubaceni, strani lokalizovani energetske nivo sa spinskim stepenom slobode.

др Ненад Вукмировић

Тема 1: Припрема задатака за рад са талентованим средњошколцима

У оквиру ове праксе студент ће претрагом литературе наћи рад који даје физички опис неког занимљивог феномена из свакодневног живота (нпр. микроталасна пећница, фудбал, порекло боје лептирова). Затим ће садржина рада бити прилагођена средњошколском нивоу и формулисана у виду задатака различитих тежина - почев од основног, па до напредног такмичарског нивоа.

Пракса је превасходно намењена студентима А смера, али је отворена и за друге заинтересоване студенте.

Тема 2: Проучавање покретљивости Холштајновог поларона

У оквиру ове праксе студент ће проучавати покретљивост Холштајновог поларона. Биће коришћене временски зависне варијационе функције. Пракса ће обухватати извођење диференцијалних једначина које описују временску зависност варијационих параметара и нумеричко решавање ових једначина.

Пракса је превасходно намењена студентима завршних година Б смера, али је отворена и за друге заинтересоване студенте.

Тема 3: Убрзавање компјутерског кода за рачунање покретљивости електрона коришћењем графичких картица

У оквиру ове праксе задатак студента ће бити да побољша преформансе постојећег кода за рачунање покретљивости електрона. Рачунски најзахтевнији део кода садржи рачунање Фуријеове трансформације параметара електрон-фонон интеракције које је потребно израчунати само за неке таласне векторе електрона и фонона, па се не могу користити постојеће рутине за Фуријеову трансформацију. Пребацивањем извршавања овог дела кода на графичку картицу (GPU), очекује се да ће се време извршавања овог дела кода знатно смањити.

Пракса је превасходно намењена студентима Ц смера, али је отворена и за друге заинтересоване студенте.

dr Aleksandra Alorić

Dinamika mišljenja u recenzentskom sistemu

Dinamika mišljenja (eng. opinion dynamics, videti npr. [1]) je atraktivna oblast u domenu primene statističke fizike na istraživanje socio-ekonomskih kompleksnih sistema, posebno kada su u pitanju kolektivni fenomeni poput usvajanja društvenih normi, glasanja ili širenja informacija. U istraživanju ovih fenomena, posebno je značajno izučavanje interakcija među individuama, kao i kako različiti mehanizami prilagođavanja individua na spoljne faktore, sredinu i/li susede mogu dovesti do spontanog uređenje, npr. postizanje konsenzusa.

U tom kontekstu, tokom ove prakse, bavićemo se modelovanjem naučne zajednice, pre svega dinamikom mišljenja u toku procesa recenzije. U procesu produkcije i publikovanja naučnih radova, bitnu ulogu pored autora igraju i urednici i recenzenti naučnih časopisa koji su i sami članovi naučne zajednice, te su podložni uticaju i adaptaciji stavova kroz svoj naučni rad i recenzije koje i sami dobijaju (videti npr. [2]). U stilizovanom modelu naučne zajednice ispitivaćemo uticaj pristrasnosti koja je posledica povezanost među naučnicima (mreža prethodnih saradnji) na publikovanje naučnih radova.

1. Sîrbu A., Loreto V., Servedio V.D.P., Tria F. (2017) Opinion Dynamics: Models, Extensions and External Effects. In: Loreto V. et al. (eds) Participatory Sensing, Opinions and Collective Awareness. Understanding Complex Systems. Springer, Cham. Arxiv: <https://arxiv.org/pdf/1605.06326.pdf>

2. Park, I. U., Peacey, M. W., & Munafò, M. R. (2014). Modelling the effects of subjective and objective decision making in scientific peer review. *Nature*, 506(7486), 93.

др Антун Балаж

Вортекси и квантне капљице у диполним Бозе-Ајнштајн кондензатима

Под одређеним условима, атомски или молекулски бозонски системи из гасне фазе на веома ниским температурама могу да пређу у нову фазу материје, Бозе-Ајнштајн кондензовану фазу, коју одликује кохерентно, суперфлуидно понашање и која представља основно стање система. Од прве експерименталне реализације 1995. године, Бозе-кондензовани системи су изазвали велики интерес и данас представљају активну научну област, како у фундаменталним истраживањима, тако и у применама у квантном рачунарству, квантним сензорима и нелинеарним динамичким системима. Ултрахладни бозонски системи представљају први корак ка експерименталној реализацији Фајнманових квантних симулатора и могу да се искористе за проучавање система из других области физике, укључујући чврсто стање и теорију гравитације (црне рупе), што их ставља у мултидисциплинарни фокус.

До 2005. године су експериментално били доступни само Бозе-кондензовани системи са краткодметном (контактном) интеракцијом, али је у последњих десетак година остварена кондензација атомских и молекулских система са инхерентним магнетним и електричним диполним моментима. Присуство дугодметне и анизотропне дипол-дипол интеракције у систему на значајан начин мења његове особине, тако да нпр. брзина звука постаје тензорска величина. Диполна интеракција утиче и на ексцитације система и мења фреквенције колективних мода, а утиче и на особине вортексних стања, која такође спадају у елементарне ексцитације, јер је систем суперфлуидан. Анизотропија диполне интеракције може да доведе и до нестабилности система, односно његовог колапса. Међутим, под одређеним условима може да дође и до појаве новог стања материје, квантних капљица, када квантне флукуације обезбеђују стабилизацију система, као што је експериментално показано 2016. године.

У оквиру предложеног истраживања постоји неколико тема које могу да буду основа за праксу заинтересованих кандидата. Планирамо истраживање утицаја присуства дипол-дипол интеракције на облик појединачног вортекса и структуру вортексне решетке у ротирајућим Бозе-Ајнштајн кондензатима. Такође ћемо проучавати утицај диполне интеракције и ротације на стабилност система, као и однос појаве квантних капљица и присуства вортекса у систему. Посебно отворено питање је да ли постоји механизам за добијање вортекса унутар квантних капљица, или макар квантних капљица са ненултим угаоним моментом. Од великог интереса је и понашање вортекса и квантних капљица у системима са нетривијалном топологијом, као што је прстен. Део истраживања се реализује у оквиру међународне сарадње и билатералног пројекта са Немачком, што отвара могућност посете нашим међународним сарадницима, као и њихове посете нашој групи.

др Анђелија Илић

- 1) Пројектовање и анализа великих антенских низова за 5G и Beyond 5G телекомуникације (милиметарски и субмилиметарски таласи). Формирање снопа.
- 2) Примена орбиталног угаоног момента (ОАМ) електромагнетских таласа у пројектовању система кратког домета за мултигигабитни бежични пренос података.
- 3) Примена дводимензионих материјала у електромагнетици и оптици, дизајн уређаја за високе учестаности (субмилиметарски таласи / терахерц таласи), одговарајуће нумеричке методе.
- 4) Испитивање утицаја кратких електричних импулса на биолошка ткива и ћелијске културе.
- 5) Нумерички прорачуни транспорта, убрзавања и фокусирања јонских снопова, дизајн и оптимизација електростатичких и електромагнетских сочива.
- 6) Интеракција електромагнетских поља са покретним срединама.

Конкретан задатак и потребан обим рада би се договорио и прилагодио кандидату по првом разговору. Основни циљ праксе би била почетна обука за рад у науци, усмерена од самог почетка и ка објављивању заједничког рада који ће бити добра референца за студента.

dr Igor Popov

Investigation of electronic, transport and magnetic properties of layered 2D materials and nanostructures for future electronics and spintronics using DFT, DFTB and related methods.

др Никола Шкоро

Тема 1: Функционализација и чишћење површина узорака у плазми на ниским притисцима и атмосферском притиску

Студентски рад на теми састојао би се у коришћењу капацитивно спрегнутих плазма система са електродама различитих геометрија на ниском притиску и плазма извора на атмосферском притиску за третмане површина узорака различитог типа. Циљ третмана може бити функционализација површине или уклањање танких органских и неорганских слојева са површине узорка. У принципу, у плазмама на ниском притиску променом радног гаса и радних параметара плазме могуће је утицати на особине честица које се налазе у плазми, а које интерагују са површином. Тако се код функционизације површине може директно утицати на хемијске везе супстанци које се налазе у површинском слоју чиме се постиже промена особина саме површине. Код уклањања слојева, параметри плазме непосредно делују на брзину уклањања слоја, хомогеност процеса и храпавост површине која остаје након уклањања слоја. Код плазми на атмосферском притиску, промена радних параметара плазме знатно утиче на процесе који се дешавају на површини узорка. Студент би заједно са истраживачима задуженим за ову тему учествовао у третманима одређених узорака у пражњењима за различите сетове плазма параметара како би се одредили оптимални услови за третман. Ангажовање студента би обухватало упознавање са основним процесима на површини узорка који се налази у плазми као и коришћење плазма система и дијагностике на ниском или атмосферском притиску у зависности од конкретне теме.

Тема 2: Оптичка емисиона спектроскопија пражњења са наизменичном побудом на ниском или атмосферском притиску

Оптичка емисиона спектроскопија је једноставна неинвазивна метода којом се снимањем емисије могу добити различити подаци о пражњењу. Студент би учествовао у различитим мерењима емисије из пражњењења реализованим уз помоћ различитих извора плазме - на ниским притисцима или атмосферском притиску. Мерење временски, просторно и спектрално разложене емисије из пражњења ће бити реализовано уз помоћ ICCD камере и спектрометра. Просторно и временско разложена мерења могу пружити информације о кинетици честица у пражњењу, а из спектрално разложених резултата применом актинометрије може се одредити концентрација атома у пражњењу. Студент би радио на експерименту заједно са истраживачима задуженим за ову тему. Ангажовање студента би обухватало експериментално мерење и обраду резултата у договору са истраживачима. Рад би обухватао коришћење опреме за оптичку спектрометрију пражњења (спектрометар, ICCD камера) као и обраду података у програмском пакету Origin.

др Невена Пуач

Тема 1: Третмани течних узорака у пражњењима на атмосферском притиску

Плазма џет је извор неравнотежног пражњења на атмосферском притиску који производи хемијски активну средину у којој се налазе различите врсте честица (побуђени молекули и атоми, радикали, метастабилни). Честице из такве реактивне средине у контакту са течним узорцима на атмосферском притиску узрокују различите хемијске реакције које утичу на промену физичко-хемијских својстава течног узорка. Студент би заједно са истраживачима радио третмане одређених узорака при различитим сетовима параметара пражњења и дужинама трајања третмана како би се одредили услови најефикаснијег деловања пражњења на узорак. Студент би упознао са основама неравнотежних пражњења на атмосферском притиску као и основним хемијским процесима у течном узорку. Експериментални рад студента би обухватао коришћење опреме за електричну и оптичку спектрометрију плазме као и обраду података у програмском пакету Origin.

Тема 2: Временски разложена масена спектрометрија пражњења на ниским притисцима или атмосферском притиску

Студент би учествовао у мерењима особина плазме на ниским притисцима или на атмосферском притиску (плазма џет) помоћу масене спектрометрије. Циљ овог истраживања би био да се идентификују најзаступљенији радикали и јони који се формирају у пражњењу. У плазмама на ниском притиску оваква дијагностика кључна је за одређивање хемијског састава плазме и о самим хемијским процесима који се одвијају у плазми при различитим плазма параметрима. Тиме се омогућава одређивање оптималних параметара за третмане узорака. На атмосферском притиску плазма џет систем је специфичан по својој особини да његов млаз плазме није континуалан већ се простире у облику плазма пакета (тзв. плазма метка). Из тог разлога временски разложена мерења масеним спектрометром су од изузетног значаја. Студент би радио на експерименту заједно са истраживачима задуженим за ову тему. Ангажовање студента би обухватало експериментално мерење и обраду резултата у договору са истраживачима. Рад би обухватао коришћење опреме за електричну (сонде, осцилоскоп) и масену спектрометрију плазме као и обраду података у програмском пакету Origin.

dr Veljko Dmitrašinović

Numerička istraživanja problema tri tela

Praksa je namenjena studentima osnovnih i master studija iz oblasti fizike, matematike, programiranja ili srodnih nauka.

Potrebna predznanja: Potrebno predznanje varira u zavisnosti od teme. Načelno, očekivano predznanje se svodi na poznavanje elementarne Njutnove mehanike, nekog od standardnih programskih jezika, kao i osnovnih metoda numeričkog rešavanja običnih diferencijalnih jednačina.

Teme:

- Numerička potraga za novim rešenjima Njutnovog problema tri tela
- Istraživanje stabilnosti rešenja kao funkcije odnosa masa
- Problem tri tela u Kulonovom potencijalu u molekularnim zamkama

Svrha projekta je da se polaznik/polaznica upozna sa numeričkim (i topološkim) metodama koji se koriste pri rešavanju Njutnovog problema tri tela, a u cilju postizanja nivoa znanja potrebnog za učestvovanje u originalnim istraživanjima.

Cilj naših numeričkih istraživanja se unekoliko promenio od 2013. kada je ovaj projekt počeo. U ovom trenutku je poznato oko 2000 topološki različitih "familija" periodičnih rešenja problema tri tela, s tim što svaka familija ima beskonačno mnogo rešenja sa različitim ugaonim momentima. Među njima je nađeno oko 50 (linearno) stabilnih rešenja koja moraju biti podrobnije istražena, s ciljem da (kasnije) budu tražena među podacima skupljenim od strane NASA-inog svemirskog teleskopa Kepler.

Potrebno predznanje se svodi na poznavanje elementarne Njutnove mehanike, nekog od standardnih programskih jezika tipa Fortran ili C++, kao i osnovnih metoda numeričkog rešavanja običnih diferencijalnih jednačina. Osnovno zaduženje studenta je da, kroz praktičan rad, postigne potreban nivo znanja za pravi doprinos originalnim istraživanjima.