

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор Иве Бачић у звање истраживач сарадник

На седници Научног већа Института за физику, одржаној 16. 4. 2019. године, именовани смо у комисију за избор Иве Бачић у звање истраживач сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику подносимо овај извештај.

Биографски подаци о кандидату

Ива Бачић рођена је у Суботици 12. јуна 1992. године, где је завршила основну школу и природни смер Гимназије „Светозар Марковић“. Након тога, уписала је 2010. године основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, где је дипломирала 2014. године са просечном оценом 9.44/10. Исте године је уписала мастер академске студије на Физичком факултету, смер Теоријска и експериментална физика, које је завршила 2015. године са просечном оценом 9.67/10. У току мастер студија, Ива је посетила синхротрон SOLEIL у Француској, у склопу израде мастер рада на тему *Inner-Shell Action Spectroscopy of Trapped Substance P Peptide Ions and their Nanosolvated Complexes*, под менторством др Александра Милосављевића, вишег научног сарадника Института за физику у Београду. Мастер рад је оцењен оценом 10, а резултати рада су у представљени на конференцији COST XLIC WG2 Expert Meeting on Biomolecules на Фрушкој Гори у априлу 2015. године. Новембра 2015. године, Ива је уписала докторске академске студије на Физичком факултету, ужа научна област Статистичка физика. Под менторством др Игора Франовића, научног сарадника из Лабораторије за примену рачунара у науци (Scientific Computing Laboratory) Института за физику у Београду, Ива се у склопу докторских академских студија бави коефектима шума и вишеструких временских скала у системима спрегнутих ексциtabilних јединица.

Од марта 2016. године, Ива је запослена на Институту за физику у Београду на позицији истраживач приправник у Лабораторији за примену рачунара у науци, где је ангажована на пројекту основних истраживања ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Поред тога, учествовала је и у DAAD билатералном пројекту између Републике Србије

и СР Немачке *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units* 2017. и 2018. године, у оквиру ког је више пута посетила Weierstrass Institute (WIAS) у Берлину, Немачка, као и Технички универзитет у Берлину, Немачка. Такође, Ива учествује и на COST акцији CA17120 *Chemobionics* од 2018. године.

Ива је до сада је објавила три научна рада категорије M21, један рад категорије M22 и два саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34). Ивин рад *Disordered configurations of the Glauber model in two-dimensional networks*, објављен у часопису *EPL (Europhysics Letters)*, истакнут је у *Research Highlights* за 2018. годину на *Europhysics News*. Своје резултате је до сада представила на семинару на WIAS-у, као и на конференцији *Dynamics of Coupled Oscillator Systems* на WIAS-у. Позвана је на студијско усавршавање на зимску школу *Complexity Science Hub Winter School*, која ће се одржати 2019. године у Обергурглу, Аустрија.

Поред матерњег, Ива говори два светска језика, енглески и немачки.

Преглед научне активности и постигнутих научних резултата

Током мастер студија, Ива се бавила интеракцијом синхротронског зрачења са наносолватисаним молекулама. Под руководством др Александра Милосављевића, научног саветника из Лабораторије за физику сударних процеса Института за физику у Београду, на синхротрону SOLEIL у Француској, користећи тандем масену X-ray спектрометрију биополимера у јонској замци, испитивала је ефекте наносолватације на акционе спектре и фрагментацију. Уочена су два различита резонантна процеса која доводе до појачаног губитка воде са наносолватисаних молекула неуропептида *Substance P*, повезана са ексцитацијом К-љуске кисеоникових атома који припадају или пептидној вези или кластеру молекула воде. Разматрање процеса фрагментације пептида као функције активационе енергије фотона у близини С, N и О К-ивице показало је да фрагментација има јаку зависност од активационе енергије.

У склопу докторских студија, под руководством др Игора Франовића, научног сарадника из Лабораторије за примену рачунара у науци Института за физику у Београду, Ива се бави емергентним феноменима у спрегнутим системима, насталим услед садејства шума, адаптивности у интеракцији и локалне ексцитабилности. Ексцитабилност је заједничка карактеристика великог броја система, укључујући многобројне биолошке системе (неуронске мреже, срчано ткиво, бета ћелије панкреаса, генске регулаторне мреже), моделе хемијске кинетике, ласере, моделе социјалних интеракција, климатске динамике, земљотреса и др. Са аспекта теорије нелинеарних динамичких система, особина ексцитабилности је заснована на чињеници да се систем налази у близини бифуркације од стационарног ка осцилаторном

режиму. Манифестујући богато колективно понашање, укључујући низ феномена синхронизације и парцијална синхронизације, патерне, таласе ексцитације, просторно локализована решења и др, системи интерагујућих ексцитабилних јединица издвојени су у посебну класу динамичких система.

Комплексна динамика у ексцитабилним системима често укључује више карактеристичних временских скала на нивоу појединачних јединица (тзв. *slow-fast* динамика) и/или услед интеракција. Један од најважнијих примера где динамика интеракција укључује вишеструке временске скале односи се на концепт адаптивности, који подразумева коеволуцију локалне динамике и динамике интеракција. При томе, динамика веза (јачина интеракција, промена броја линкова) одвија се на споријој карактеристичној скали у односу на локалну динамику јединица. Међу најважнијим примерима система са адаптивношћу истичу се неуронски системи, где се у оквиру пластичности синапси, јачина синаптичких веза повећава или смањује у складу са релативним временима опаљивања пре- и пост-синаптичког неурона.

Модели система спрегнутих ексцитабилних јединица типично укључују деловање шума, који потиче интринзичних флукуација, флукуација у окружењу или од *coarse-grained* динамике на нижим просторним и временским скалама. Неки од извора шума у ексцитабилним системима укључују *quasi-random* ослобађање неуротрансмитера у неуронима или *finite-size* ефекте у хемијским реакцијама. Под утицајем шума, особина ексцитабилности постаје израженија. Познато је да шум у системима који се налазе у близини бифуркационог прага може да индукује тзв. резонантне феномене, који подразумевају нелинеаран одговор система на шум, као последицу тога што шум уводи нову временску скалу у систем. У случају класичних ексцитабилних система, добро је познат феномен резонанце кохеренце, где осцилације изазване шумом постају најрегуларније на интермедијарном интензитету шума. У случају осцилаторних система у близини бифуркације, релативно недавно уочен је феномен инверзне стохастичке резонанце, где фреквенција осцилација пертурбованих шумом има минимум на интермедијарном интензитету шума. Експериментално је потврђено да овај феномен игра значајну улогу у неуронским системима, укључујући редуковање фреквенције опаљивања у одсуству неуромодулатора, сузбијање патолошки дуге краткорочне меморије, изазивање и супресију тоничног опаљивања као и оптимизацију преноса информација.

У светлу наведеног, планирано је да најважнији допринос Ивине докторске дисертације буде анализа карактеристика ексцитабилног понашања интерагујућих система, за разлику од класичног концепта ексцитабилности који се односи на појединачне јединице. Посебно, рад у оквиру тезе тичаће се три групе емергентних феномена. Прва линија истраживања се односи на феномен макроскопске ексцитабилности, сценарија у којем се популација ексцитабилних јединица и сама понаша као ексцитабилни елемент. На примеру популације спрегнутих

стохастичких неуронских мапа, развојем *mean-field* модела заснованог на гаусијанској апроксимацији, анализирани су карактеристике режима макроскопске екситабилности, као и других режима колективне динамике. Показано је да постоји висок степен квалитативне и квантитативне усаглашености између предвиђања *mean-field* модела и динамике реалног система у погледу карактеризације макроскопске екситабилности, стохастичких бифуркација, кривих фазног одговора макроскопских варијабли на пертурбацију, као и статистичких особина временских серија. У склопу друге линије истраживања, која се односи на мотиве адаптивно спрегнутих екситабилних јединица, испитан је стохастички процес *switching* динамике. *Switching* динамика подразумева споре стохастичке флукуације између метастабилних стања изведених из коегзистентних атрактора одговарајућег детерминистичког система, или флукуације између осцилаторних мода изазваних шумом. Откривене су две генеричке форме *switching* динамике, које зависе од брзине адаптације, и чија феноменологија је објашњена проучавањем *layer* проблема и *reduced* проблема у оквиру *slow-fast* анализе. Трећа линија истраживања подразумева испитивање резонантних феномена на мотивима спрегнутих екситабилних система. Досадашњи резултати, добијени на парадигматском моделу где је локална динамика представљена активним ротатором, открили су два нова генеричка сценарија за феномен инверзне стохастичке резонанце.

Поред наведеног испитивања емергентних феномена у спрегнутим екситабилним системима, Ива Бачић се у току докторских студија бавила и процесом уређивања кинетичког Изинговог (Глауберовог) модела на комплексним мрежама, као и проучавањем структуре неуређених конфигурација. Разматрани су случајеви регуларне топологије повезаности, мрежа са случајном и *small-world* топологијом добијене преповезивањем регуларне решетке, као и двослојних мрежа с различитом структуром повезаности између слојева. Експлицитно је показано да *small-world* топологија у термодинамичком лимесу онемогућава уређивање, при чему се неуређене конфигурације састоје од два домена, који одговарају мулти-кластер структурама на почетној регуларној решетки.

Резултати ових истраживања су до сад објављени у 3 рада у часописима категорије M21 и 1 раду у часопису категорије M22 и представљени су на две конференције.

Радови у врхунским међународним часописима (категорија M21):

1. **I. Bačić**, V. Klinshov, V. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović,
Inverse stochastic resonance in a system of excitable active rotators with adaptive coupling,
EPL **124**, 40004 (2018) [ISSN=0295-5075, IF(2015)=1.963]
2. I. Franović, O. V. Maslennikov, **I. Bačić**, and V. I. Nekorkin,
Mean-field dynamics of a population of stochastic map neurons,
Phys. Rev. E **96**, 012226 (2017) [ISSN: 1539-3755, IF(2016)=2.366]

3. I. Bačić, I. Franović, and M. Perc,

Disordered Configurations of the Glauber Model in Two-dimensional Networks,
EPL **120**, 68001 (2017) [ISSN=0295-5075, IF(2015)=1.963]

Радови у врхунским међународним часописима (категорија M22):

1. I. Bačić, S. Yanchuk, M. Wolfrum, and I. Franović,

Noise-induced switching in two adaptively coupled excitable systems,
Eur. Phys. J. - Spec. Top. **227**, 1077 (2018) [ISSN=1951-6355, IF(2017)=1.947]

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

1. I. Bačić, V. Klinshov, V. Nekorkin, M. Perc, and I. Franović, Inverse stochastic resonance in a system of excitable active rotators with adaptive coupling, WIAS Workshop „Dynamics of Coupled Oscillator Systems“, 19 - 21 November 2018, Berlin, Germany

2. I. Bačić, M. Lj. Ranković, F. Canon, V. Cerovski, C. Nicolas, A. Giuliani, and A. R. Milosavljević, Gas-phase X-ray action spectroscopy of protonated nanosolvated substance P peptide around O K-edge, COST XLIC WG2 Expert Meeting on Biomolecules, 27-30 April 2015, Fruška Gora, Serbia

Закључак и предлог

Ива Бачић испуњава све услове за избор у звање истраживач сарадник предвиђене Правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача. Звање које је стекла током досадашњих студија успешно примењује у решавању конкретних научно-истраживачких проблема. Оригиначне научне резултате је објавила у три рада у часописима категорије M21 и једном раду у часопису категорије M22.

Имајући у виду квалитет њеног научно-истраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, предлажемо Научном већу Института за физику да изабере Иву Бачић у звање истраживач сарадник.

У Београду, 17. 4. 2019.

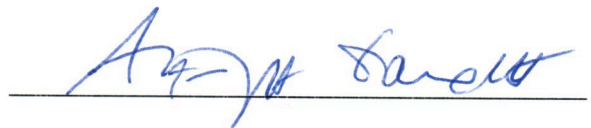
Чланови комисије



др Игор Франовић

научни сарадник

Институт за физику у Београду



др Антун Балаж

научни саветник

Институт за физику у Београду



проф. др Милан Кнежевић

редовни професор

Физички факултет Универзитета у Београду