

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за избор др Иве Бачић у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 15. децембра 2020. године именовани смо у комисију за избор др Иве Бачић у звање научни сарадник.

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

Биографски подаци о кандидаткињи

Ива Бачић је рођена 12. јуна 1992. године у Суботици, где је завршила природни смер Гимназије „Светозар Марковић“. Основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, уписала је 2010. године. Дипломирала је 2014. године са просечном оценом 9,44, да би исте године уписала и мастер академске студије на Физичком факултету, смер Теоријска и експериментална физика. Мастер студије је завршила 2015. године са просечном оценом 9,67. У току мастер студија, кандидаткиња 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*. Мастер рад је урађен под менторством др Александра Милосављевића, научног саветника на Институту за физику у Београду.

Новембра 2015. године уписала је докторске академске студије на Физичком факултету, ужа научна област Физика кондензоване материје и статистичка физика, под менторством др Игора Франовића, вишег научног сарадника из Лабораторије за примену рачунара у науци, у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система Института за физику у Београду. У склопу докторских академских студија бавила се анализом садејства шума и вишеструких временских скала у системима спрегнутих ексцитабилних јединица, одбранивши дисертацију под називом *Self-organization in Coupled Excitable Systems: Interplay Between Multiple Timescale Dynamics and Noise* новембра 2020. године.

Од марта 2016. године је запослена на Институту за физику у Београду, у Лабораторији за примену рачунара у науци у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. Била је ангажована на пројекту основних истраживања ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, а поред тога је учествовала и на DAAD билатералном пројекту између Републике Србије и СР Немачке *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units* у периоду 2017.-2018. Октобра 2020. године започела је постдокторско усавршавање при Централноевропском универзитету у Будимпешти, Мађарска, где учествује на ERC Synergy пројекту *Dynamics and Structure of Networks (DYNASNET)* посвећеном повезивању теорије графова и комплексних мрежа, под руководством др Алберта-Ласла Барабашија и др Мартона Пошфаија.

Др Бачић је до сада је објавила 6 научних радова у међународним часописима, од чега 2 рада у часописима категорије M21a, 3 рада у часописима категорије M21 и 1 рад у часопису категорије M22. Њен рад *Disordered configurations of the Glauber model in two-dimensional networks*, објављен у часопису *EPL*, истакнут је у *Research Highlights* за 2018. годину и приказан је на *Europhysics News*. Према подацима из базе *Web of Science*,

радови др Бачић досад су цитирани 12 пута, док је њен h-индекс 3. Такође, добијене резултате је представила и кроз 3 саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категорија M34). Током докторских студија, др Бачић је учествовала у неколико школа за усавршање младих научника, а руководила је и двама средњошколским пројектима семинара физике у Истраживачкој станици Петница, изложеним на конференцијама *Корак у науку* 2019. и 2020. године.

Преглед научне активности кандидаткиње

Током мастер студија, др Бачић се бавила интеракцијом синхротронског зрачења са наносолватисаним молекулима. Под руководством др Александра Милосављевића, научног саветника из Лабораторије за физику сударних процеса Института за физику у Београду, на синхротрону SOLEIL у Француској је испитивала ефекте наносолватације на акционе спектре и фрагментацију неуропептида Substance P користећи тандем масену рендгенску спектрометрију биополимера у јонској замци.

У оквиру докторских студија, под руководством др Игора Франовића, вишег научног сарадника из Лабораторије за примену рачунара у науци Института за физику, кандидаткиња се бавила областима *теорије нелинеарне динамике и стохастичких процеса*, с фокусом на емергентне феномене у спрегнутим ексциtabilним системима услед садејства шума и динамике на више карактеристичних временских скала. Ексциtabilност је заједнички именитељ великог броја разнородних неравнотежних система, укључујући биолошке системе (неурони, ћелије миокарда, бета ћелије панкреаса, генске регулаторне мреже), ласере, као и моделе хемијске кинетике, социјалних интеракција и климатске динамике. Ексциtabilност подразумева нелинеаран *threshold-like* одговор система на пертурбације, а са становишта нелинеарне динамике заснива се на чињеници да се систем налази у близини бифуркације између стационарног и осцилаторног режима. Манифестујући богато колективно понашање, укључујући феномене синхронизације и парцијалне синхронизације, патерне, таласе ексциtacjiје, просторно локализована решења и др, системи спрегнутих ексциtabilних јединица издвојени су у посебну класу динамичких система.

Комплексна динамика у ексциtabilним системима је често повезана са сингуларним бифуркацијама, које укључују оштро раздвајање карактеристичних временских скала на нивоу појединачних јединица и/или услед интеракција. Један од најважнијих примера односи се на концепт адаптивности, типичан за неуронске системе, који подразумева коеволуцију локалне динамике и динамике интеракција, тако да се динамика интеракција, рефлектована кроз промене јачина веза или броја линкова између јединица, одвија на споријој карактеристичној временској скали у односу на локалну динамику јединица. Поред тога, ексциtabilни системи, као изразито неравнотежни системи, показују изузетну осетљивост на пертурбације, па тако и на деловање шума. Познато је да под утицајем шума системи у близини бифуркационог прага могу да манифестују резонантне феномене, који подразумевају нелинеаран одговор система на шум као последицу тога што шум индукује нову карактеристичну временску скалу у динамици система. Најважнији пример представља феномен резонанце кохеренције, где осцилације изазване шумом постају најрегуларније на интермедијарном интензитету шума. У случају осцилаторних система у близини бифуркације, недавно је уочен феномен инверзне стохастичке резонанце, при чему фреквенција стохастички пертурбованих осцилација немонотонно зависи од интензитета шума, постајући минимална на интермедијерном шуму.

У светлу наведеног, најважнији доприноси истраживања кандидаткиње се огледају у три елемента: (1) екстензији појма ексцитабилности на спрегнуте системе; (2) расветљавању механизма спорих стохастичких флукуација (*switching* динамике) између метастабилних стања; (3) објашњењу генеричких механизма инверзне стохастичке резонанце и развоју нове методе контроле резонанце кохеренције у системима у близини бифуркације између стационарног и осцилаторног режима.

У оквиру тачке (1), кандидаткиња је допринела анализи ексцитабилног понашања мотива две адаптивно спрегнуте применом теорије сингуларних пертурбација, као и увођењу појма макроскопске ексцитабилности, феномена у којем се популација ексцитабилних јединица и сама понаша као ексцитабилни елемент. Анализа стабилности и стохастичких бифуркација режима макроскопске ексцитабилности, као и одређивање кривих фазног одговора макроскопских варијабли на пертурбацију, извршена је увођењем ефективног модела колективне динамике, развијеног применом методе средњег поља (*mean-field method*) заснованог на гаусијанској апроксимацији. Репрезентативан рад који обрађује ове проблеме је

- 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); категорија M21, DOI: 10.1103/PhysRevE.96.012226, IF: 2.366 (2016).

У склопу тачке (2), кандидаткиња је анализирао како садејство шума и вишеструких временских скала утиче на механизам спорих стохастичких флукуација (алтернирајуће, *switching* динамике) у ексцитабилним системима. У случају мотива два спрегнута активна ротатора, откривене су две генеричке форме *switching* динамике, које зависе од брзине адаптације, и чија феноменологија је објашњена применом теорије сингуларних пертурбација; у случају активног ротатора са споро адаптирајућом повратном спрегом, откривено је да интеракција шума и коначног раздвајања временских скала доводи до нове форме емергентне динамике, тзв. стохастичког *bursting*-а, заснованог на *switching* динамици. При том, увођењем методе стохастичкиг усредњавања (*stochastic averaging*), извршена је екстензија теорије сингуларних пертурбација на стохастичке системе са шумом у брзом подсистему. Репрезентативан рад који обрађује ове проблеме је

- **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); категорија M22, DOI: 10.1140/epjst/e2018-800084-6, IF: 1.947 (2017).

У оквиру тачке (3), кандидаткиња је допринела развоју метода анализе и контроле резонантних феномена у ексцитабилним система на вишеструким временским скалама. Разматрајући парадигматске моделе где је локална динамика представљена активним ротатором, објашњена су два генеричка сценарија инверзне стохастичке резонанце, а такође је уведен нови механизам ефикасне контроле резонанце кохеренције заснован на споро адаптирајућој позитивној повратној спрези. Репрезентативан рад који обрађује ове проблеме је

- **I. Bačić**, and I. Franović, *Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance*, Chaos **30**, 033123 (2020) категорија M21a, DOI: 10.1063/1.5139628, IF 2.983 (2019).

Поред наведеног, др Бачић се у току докторских студија бавила и карактеризацијом утицаја структуре комплексних мрежа на процес уређивања кинетичког Изинговог (Глауберовог) модела, као и анализом структуре неуређених конфигурација.

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. Репрезентативан рад из ове области је

- **I. Bačić**, I. Franović, and M. Perc: *Disordered Configurations of the Glauber Model in Two-dimensional Networks*, EPL **120**, 68001 (2017)
категорија M21, DOI: 10.1209/0295-5075/120/68001, IF: 1.963 (2015).

Елементи за квалитативну анализу рада кандидаткиње

1. Квалитет научних резултата

1.1. Значај научних резултата

Током докторских студија, кандидаткиња др Ива Бачић се бавила истраживањем самоорганизације у спрегнутим стохастичким ексциtabilним системима на вишеструким временским скалама, које су у основи њене докторске тезе, као и испитивањем зависности процеса уређивања кинетичког Изинговог (Глауберовог) модела од структуре комплексне мреже.

Као најзначајнији рад кандидаткиње, Комисија издваја

- **I. Bačić**, and I. Franović: *Two Paradigmatic Scenarios for Inverse Stochastic Resonance*, Chaos **30**, 033123 (2020)
категорија M21a, DOI: 10.1063/1.5139628, IF 2.983 (2019).

У овом раду, кандидаткиња је дала допринос објашњењу два генеричка механизма инверзне стохастичке резонанце у спрегнутим ексциtabilним системима на вишеструким временским скалама. Феномен инверзне стохастичке резонанце, где фреквенција осцилација пертурбованих шумом постаје минимална на преферентном интензитету шума, је тек недавно откривен, тако да услови за његову појаву у спрегнутим системима, као и одговарајући генерички механизми досад нису били утврђени.

Користећи теорију сингуларних пертурбација, кандидаткиња је извршила квалитативну анализу *multiscale* динамике два парадигматска модела бинарних мотива адаптивно спрегнутих активних ротатора с ексциtabilном локалном динамиком.

У случају где је локална динамика стационарна, тако да осцилације настају услед деловања интеракција и/или шума, кандидаткиња је допринела расветљавању механизма резонанце заснованог на *biased switching*-у између коегзистентних метастабилних стања система. Комбинујући решења *layer* проблема, дефинисаног на брзој временској скали, с анализом *reduced* проблема, задатог на спорој скали, др Бачић је показала мултистабилност детерминистичке динамике мотива, која пружа основу за *switching* динамику у присуству шума.

У случају мотива два ротатора с осцилаторном локалном динамиком, кандидаткиња је допринела објашњењу да резонантни ефекат настаје као последица шумом индуковане стабилизације фиксне тачке која је у сингуларном лимесу раздвајања скала центар, док при коначном раздвајању скала постаје слабо нестабилна. Др Бачић је извршила квалитативну анализу *layer* проблема, доказавши да је неутрална стабилност фиксне тачке повезана с додатном симетријом (реверзибилношћу) динамике брзог подсистема.

1.2. Параметри квалитета часописа

Кандидаткиња др Ива Бачић је у свом досадашњем раду објавила 6 радова у међународним часописима са ISI листе, од којих је:

2 рада у категорији M21a (међународни часописи изузетних вредности):

Chaos [ISSN: 1054–1500, IF (2019): 2.983, SNIP (2018): 1.17],

3 рада у категорији M21 (врхунски међународни часописи),

Physical Review E [ISSN: 1539-3755, IF (2016): 2.366, SNIP (2015): 2.18],

EPL [ISSN: 0295-5075, IF (2015): 1.963, SNIP (2014): 0.97],

1 рад у категорији M22 (истакнути међународни часописи):

The European Physical Journal - Special Topics [ISSN: 1951-6355, IF (2017): 1.947, SNIP (2015): 0.86].

Додатни библиометријски показатељи дати су у следећој табели.

	IF	M	SNIP
Укупно	14.205	49	7.32
Усредњено по чланку	2.368	8.16	1.22
Усредњено по аутору	4.213	14.517	2.096

1.3. Позитивна цитираност научних радова

Према подацима из базе *Web of Science* на дан 21.12.2020. године, радови др Бачић цитирани су укупно 13 пута, од чега 12 пута изузимајући аутоцитате, док је њен h-индекс 3.

1.4. Међународна сарадња

Међународна активност др Иве Бачић обухвата:

- учешће у COST акцијама CM1204 (*XUV/X-ray light and fast ions for ultrafast chemistry (XLIC)*), 2015, и CA17120 (*Chemobionics*), 2018 –
- учешће у српско-немачком DAAD билатералном пројекту *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units*, 2016 – 2018
- учешће у ERC Synergy пројекту *Dynamics and Structure of Networks (DYNASNET)*, 2020 –

2. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Радови др Иве Бачић засновани су на аналитичким прорачунима и нумеричким симулацијама. Како сви радови категорије M20 имају пет или мање коаутора, рачунају се пуном тежином у односу на број коаутора. Публикације категорије M34 су нормиране, и након нормирања се број бодова у овој категорији смањује са 1.5 на 1.36, што на занемарљив начин утиче на укупан број бодова.

3. Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидаткиња је учествовала/учествује на следећим пројектима:

- ERC Synergy пројекат *Dynamics and Structure of Networks (DYNASNET)*, 2020 –
- пројекат основних истраживања ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, 2015 – 2020
- COST акција CA17120: *Chemobrionics*, 2018 –
- српско-немачки DAAD билатерални пројекат *Emergent dynamics in systems of coupled excitable units*, 2016 – 2018
- COST акција CM1204: *XUV/X-ray light and fast ions for ultrafast chemistry (XLIC)*, 2015

4. Активност у научним и научно-стручним друштвима

4. 1. Рецензије научних радова

Др Бачић је била рецензенткиња два рада у часопису *Chaos*.

4. 2. Организација научних скупова

Др Бачић је била у локалном организационом одбору конференције *COST XLIC WG2 Expert meeting on biomolecules*, одржане 2015. године на Фрушкој Гори, Србија.

5. Награде и признања за научни рад

Рад *Disordered configurations of the Glauber model in two-dimensional networks*, објављен у часопису *EPL (Europhysics Letters)*, истакнут је у *Research Highlights* тог часописа за 2018. годину и представљен на *Europhysics News*.

6. Развој услова за научни рад, образовање и формирање научних кадрова

6. 1. Кандидаткиња је стручна сарадница семинара физике у Истраживачкој станици Петница

- одржала је у току претходне деценије низ предавања из математике и физике
- руководила је двама полазничким пројектима који су успешно завршени презентацијом полазница на годишњој петничкој конференцији *Корак у науку* и објављивањем у *Петничким свескама*:
 1. *Карактеристике мреже познанства у популацији са израженим подгрупама* (2019), полазница: Исидора Мајкић, руководиоци: Александра Алорић и Ива Бачић
 2. *Испитивање Potts-овог модела на преповезаним решеткама* (2020), полазница: Нина Јаковљевић, руководилац: Ива Бачић

7. Утицај научних резултата

Резултати др Бачић доприносе екстензији парадигме екцитабилности на спрегнуте системе и утврђују генеричке механизме настанка и контроле резонантних феномена у екцитабилним системима на вишеструким временским скалама. Њихов утицај се огледа у броју цитата наведеном у тачки 1. 3. овог прилога, као и прилогу о цитираности, док је значај резултата детаљно описан у тачки 1. 1.

8. Конкретан допринос кандидаткиње у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидаткиња је највећи део својих истраживачких делатности реализовала на Институту за физику у Београду. Поред тога, у склопу мастер рада је учествовала у мерењима на синхротрону *SOLEIL* у Француској, док је у склопу докторских студија провела око три месеца на *Weierstrass* институту (*WIAS*) у Берлину, Немачка. Допринос др Бачић се огледа у изради нумеричких симулација, добијању, интерпретацији и презентацији нумеричких резултата, као и писању радова.

Елементи за квантитативну оцену рада кандидаткиње

Остварени М-бодови по категоријама публикација

Категорија	М-бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М-бодова (нормирано)
M21a	10	2	20 (20)
M21	8	3	24 (24)
M22	5	1	5 (5)
M34	0.5	3	1.5 (1.36)
M70	6	1	6 (6)

Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избор у звање научног сарадника

Минималан број М бодова	Потребно	Остварено М бодова (нормирано)
Укупно	16	56.5 (56.36)
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	49 (49)
M11+M12+M21+M22+M23	6	49 (49)

Према подацима из базе *Web of Science*, радови др Бачић досад су цитирани 13 пута, од чега 12 пута изузимајући аутоцитате. Хиршов индекс износи 3.

Закључак и предлог

Др Ива Бачић у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Законом о науци и истраживањима и Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Током рада на докторској дисертацији показала је изузетну способност за научноистраживачки рад и остварила оригиналне и међународно запажене научне резултате, укључујући и два рада објављена у часопису категорије M21a.

Имајући у виду квалитет њеног научноистраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Иве Бачић у звање научни сарадник.

У Београду, 21. 12. 2020. године

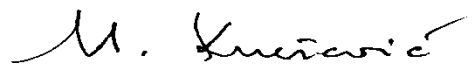
Чланови комисије:



др Игор Франовић,
виши научни сарадник,
Институт за физику у Београду



др Антун Балаж,
научни саветник,
Институт за физику у Београду



проф. др Милан Кнежевић,
редовни професор у пензији
Физичког факултета Универзитета у Београду