

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

### Извештај комисије за избор др Данице Стојиљковић у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 11. октобра 2022. године именовани смо у комисију за избор др Данице Стојиљковић у звање научни сарадник.

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

### 1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Даница Стојиљковић је рођена 19.08.1981. године у Крушевцу. Завршила је Математичку гимназију у Београду. Основне студије је похађала на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Теоријска и експериментална физика у периоду од 2000. до 2005. године. Дипломирала је 2005. године са просечном оценом 9,93, а дипломски рад под називом „Метод ефикасног рачунања енергетског спектра у функционалном формализму” урадила је под руководством др Александра Богојевића. Током основних студија била је добитник награде „Проф др Ђорђе Живановић“ за изузетне резултате, коју додељује Физички факултет. Даница Стојиљковић је 2005. године уписала магистарске студије на смеру „Теоријска физика кондензованог стања материје” на Физичком факултету Универзитета у Београду и под вођством др Александра Богојевића радила на темама из примена функционалног формализма и развоју нумеричких Монте Карло метода. Докторске студија на смеру „Физика кондензоване материје и статистичка физика” на Физичком факултету Универзитета у Београду уписала је 2016. године. У септембру 2022. године одбранила је докторску дисертацију под називом „Кинетика и морфологија депозиције честица на хетерогеним површинама” („Kinetics and morphology of particle deposition at heterogeneous surfaces”) урађену под руководством др Слободана Врховца, научног саветника Института за физику у Београду.

Даница Стојиљковић је од 2006. године ангажована на Институту за физику у Лабораторији за примену рачунара у науци као стипендиста министарства. Од 2007. године је запослена у истој лабораторији, а 2011. године изабрана је у звање истраживач сарадник и реизабрана 2016. године. Поред пројекта основних истраживања ОН171017 којим руководи др Антун Балаж, делимично је ангажована и на интегрисаном пројекту ИИИ43007 на теми којом руководи др Александар Богојевић. У периоду од 2008. до 2010. године боравила је у ЦЕРН-у (Женева) као сарадник на FP7 пројектима SEE-GRID-SCI (SEE-GRID eInfrastructure for regional eScience) и EGEE-III (Enabling Grids for E-science). Од 2012. до 2017. године била је чланица Европске комуникационе мреже за физику честица (EPPCN) која ради под окриљем ЦЕРН-а. У оквиру међународне сарадње била је ангажована на FP7 пројектима: EGI-InSPIRE (European Grid Infrastructure), HP-SEE (High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe's Research Communities, као вођа пројектног пакета), PRACE-1IP, PRACE-2IP, PRACE-3IP (Partnership for Advanced Computing in Europe, као вођа више пројектних задатака), а 2011. и на билатералном српско-немачком пројекту „Нумеричко и аналитичко проучавање гаса ултрахладних бозона у неуређеним потенцијалима (NAD-BEC)” којим је руководио др Антун Балаж.

Током свог истраживачког ангажовања објавила је 1 рад категорије M21a, 3 рада категорије M21, 1 рад категорије M22, 3 саопштења на међународним конференцијама категорије M33 и 1 саопштење са скупова националног значаја категорије M63. Такође је учествовала у уређивању зборника саопштења међународног научног скупа (категирија M36).

### 2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научно-истраживачки рад Данице Стојиљковић је у области статистичке физике комплексних система, а примарно користи нумеричке методе истраживања. Током израде докторске дисертације бавила се проучавањем формирања једнослојних депозита путем иререверзибилне адсорпције макрочестица на нехомогеним равним површинама. У раду је користила модел случајне секвенцијалне адсорпције (Random Sequential Adsorption - RSA), који је у потпуности базиран на

статистичким и геометријским основама. Због комплексности система, мали број RSA система је аналитички решив и приликом истраживања се прибегава употреби нумеричких симулација. За потребе истраживања дводимензионалних система, Даница Стојиљковић је развила и користила Монте-Карло нумеричку симулацију коју је писала у програмском језику C++. Симулација је коришћена за екстензивну претрагу простора параметара нехомогеног супстрата и за добијање резултата високе прецизности, а извршавана је на Парадокс супер-рачунару на Институту за физику у Београду.

Формирање једнослојних и вишеслојних танких филмова на чврстим и течним површинама је растућа мултидисциплинарна област истраживања од великог интереса у фотоници, микроелектроници, нанотехнологијама, плазмоници, за биосензоре, биомедицинске уређаје, итд. Адсорпција и депозиција (иреверзибилна адсорпција) колоида, протеина и других биоматеријала на чврстим/течним површинама су од велике важности за многе практичне и природне процесе као што су филтрација, производња папира, хроматографија, сепарација протеина, вируса, бактерија и патолошких ћелија, имунолошки тестови, тромбоза, биоминерализација, итд. Контролисана адсорпција колоидних честица на структурама на нанометарској скали се такође могу искористити за директну визуализацију структурних карактеристика.

Модел случајне секвенцијалне адсорпције (RSA модел) је један од основних модела за описивање формирања једнослојних депозита мезоскопских честица. Међучестична интеракција је апроксимирана класичним моделом крутих тела, што значи да је забрањено међусобно преклапање честица. Честице се могу адсорбовати једино ако су у директном контакту са супстратом. Ова особина доводи до формирања једнослојних депозита. Појам иреверзибилна адсорпција подразумева да су адсорбоване честице трајно причвршћене за подлогу, а процеси дифузије или десорпције су забрањени. Претходно адсорбоване честице блокирају одређени део подлоге за адсорпцију нових честица што доводи до загушења система. Нехомогеност супстрата намеће додатна ограничења на позиције адсорбованих честица. Циљ истраживања кандидаткиње је квантификација структурне промене загушеног стања настале услед различитих хетерогених образаца на адсорбујућој подлози, као и анализа брзине раста депозита. Користила је RSA приступ за анализу депозиције идентичних сферних честица на нехомогене равне површине покривене правоугаоним ћелијама. Од интереса су била два различита типа распореда: случајно распоређене ћелије и ћелије распоређене у чворовима квадратне решетке. Резултати истраживања објављени су у радовима у којима је кандидаткиња водећи аутор:

- **D. Stojiljkovic** and S. Vrhovac, "Kinetics of Particle Deposition at Heterogeneous Surfaces", *Physica A* 488, p. 16-29 (2017)
- **D. Stojiljkovic**, J. Scepanovic, S. Vrhovac and N. Svrkic, "Structural Properties of Particle Deposits at Heterogeneous Surfaces", *J. Stat. Mech.* 2015, P06032, p. 1-23 (2015)

У првом правцу истраживања кандидаткиња је испитивала супстрате са ћелијама квадратног облика које су насумично распоређене по равnoj површини, без међусобног преклапања. Конфигурација ћелија се формира помоћу RSA симулације док се не постигне жељена покривеност супстрата. Пронађено је да се највиша покривеност у загушењу, као и најбрже формирање депозита, постиже у случају када једна ћелија може да адсорбује максимално једну честицу, при константој густини ћелија. Како је кинетика раста депозита условљена ефектима геометријског искључења, долази до успоравања раста услед присуства интраћелијске интеракције. Радијална корелациона функција за честице депозита у стању загушења брзо опада са растојањем у свим испитаним случајевима и нема дугодометног уређења. У случајевима када ћелије могу адсорбовати више честица, максимум корелационе функције се јавља на јединичном растојању које одговара честицама у блиском контакту, док се код "једночестичних ћелија" структура радијалне функције истиче тек при већим густинама везујућих ћелија. Морфологија депозита карактерише се дистрибуцијом величине међучестичног простора, тзв. пора. Ова дистрибуција је осетљива на мале структуралне промене и добро показује степен утицаја геометрије супстрата на морфологију депозита. Показано је да дистрибуција пора има дугачак реп, нарочито изражен при ниским густинама ћелија. Дистрибуција постаје ужа и локализованија око нижих вредности када се густина ћелија повећа. У случају издужених ћелија правоугаоног облика, анизотропија супстрата успорава раст депозита, смањује покривеност у загушењу и редукује број малих пора.

Други правац истраживања кандидаткиње је анализа адсорпције сферних честица фиксног пречника на хетерогеним површинама прекривеним квадратним ћелијама распоређеним у чворове квадратне решетке. За карактеризацију овог шаблона користила је два бездимензиона параметра: величину квадратне ћелије  $\alpha$  и размак између две суседне ћелије  $\beta$ . У фокусу истраживања је кинетика процеса депозиције у случају када било која прихватна ћелија може да адсорбује највише једну честицу. Покривеност  $\theta(t)$  асимптотски тежи граничној вредности  $\theta_l$  по алгебарском закону ако параметри  $\alpha$  и  $\beta$  задовољавају услов  $\beta + \alpha/2 < 1$ . Ако овај услов није испуњен, кинетика касне фазе процеса депозиције није конзистента са степеном законитошћу. Ипак, како се геометрија подлоге приближава неинтерагујућем режиму ( $\beta > 1$ ), асимптотски прилаз покривености се приближава експоненцијалној законитости. Сходно томе, промена параметара патерна субстрата у овом моделу омогућује интерполацију између два гранична случаја адсорпције на континууму и на квадратној решетки. За изучавање структурних особина загушеног стања користи се парна корелациона функција и просторна дистрибуција честица унутар ћелија. Примећене су разноврсне нетривијалне просторне дистрибуције у зависности од геометрије патерна подлоге.

Тема истраживачког рада кандидаткиње током магистарских студија била је метод за убрзано израчунавање енергетског спектра модела у функционалном формализму. У Лабораторији за примену рачунара у науци је развијен метод за систематско убрзање конвергенције функционалних интеграла амплитуда прелаза и очекиваних вредности опсервабли. Кандидаткиња је овај метод проширила на израчунавање партиционе функције модела и одређивање одговарајућег енергетског спектра користећи везу између партиционе функције и амплитуда прелаза која представља мост између квантне и статистичке механике. Метод је илустрован на више различитих модела, као и за различите параметризације модела. Нумеричка симулација коју је кандидаткиња развила за потребе овог истраживања базира се на Монте Карло алгоритму. Показано је како изведена серија ефективног потенцијала доводи до знатног убрзања у рачунању партиционе функције у односу на стандардни прорачун функционалних интеграла. Развијени нумерички метод се једнако лако може користити за добијање спектра било ког квантномеханичког модела, а може се применити и на сложеније квантне системе као што је квантна теорија поља. Резултати ових истраживања објављени су у раду

- **D. Stojiljkovic**, A. Bogojevic and A. Balaz, "Efficient Calculation of Energy Spectra Using Path Integrals", Phys. Lett. A 360, p. 205-209 (2006).

### 3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

#### 3.1. Квалитет научних резултата

##### 3.1.1. *Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова,*

Кандидаткиња је током свог истраживачког рада објавила 1 рад категорије M21a, 3 рада категорије M21, 1 рад категорије M22, 3 саопштења на међународним конференцијама категорије M33 и 1 саопштење са скупа националног значаја категорије M63. Такође је учествовала у уређивању зборника саопштења међународног научног скупа (категорија M36).

Рад категорије M21 у ком је кандидаткиња водећи аутор и главни контрибутор је

- **D. Stojiljkovic** and S. Vrhovac, "Kinetics of Particle Deposition at Heterogeneous Surfaces", Physica A 488, p. 16-29 (2017)  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.06.031>.

Предмет истраживања овог рада су једнослојни депозити који се формирају путем иреверзибилне адсорпције сферних макрочестица на нехомогеним равним површинама. Шаблон нехомогеног супстрата се састоји од ћелија квадратног облика које су распоређене у чворовима квадратне решетке и могу да адсорбују највише једну честицу. У раду се користи модел случајне секвенцијалне адсорпције (Random Sequential Adsorption - RSA), који је у потпуности базиран на статистичким и геометријским основама. Испитује се утицај величине ћелија и међућелијског размака на кинетику формирања депозита, покривеност при загушењу, асимптотски прилаз загушењу у касној фази процеса, и морфолошке карактеристике депозита. Асимптотски прилаз загушењу је алгебарски када је геометријски могуће да честице са суседних ћелија у потпуности покрију једну ћелију, тако да у

стању загушења постоје празне ћелије. Тај прилаз је експоненцијални у случају када су ћелије толико размакнуте да нема међућелијске интеракције. Постоји и интервал међучестичног растојања у ком је прилаз загушењу бржи од алгебарског, али спорији од експоненцијалног, и он представља континуалан прелаз између дискретних и континуалних супстрата код којих је прилаз експоненцијални или алгебарски, респективно. У овом раду је први пут уочен аномални алгебарски прилаз загушењу код дводимензионалног RSA модела и постојање линија фазног прелаз асимптотског понашања у простору параметара супстрата.

Кандидаткиња је самостално развила коришћени рачунарски програм и произвела све резултате објављене у овом раду. Симулацију је извршавала за одређени сет параметара модела, а за специјалне случајеве је додатно оптимизовала код програма. Дала је допринос интерпретацији резултата, указала на значај постојања линије фазног прелаз и активно учествовала у писању рада и кореспонденцији са рецензентима. Развијени код је такође користила за добијање свих резултата објављених и у раду категорије M21a у коме је водећи аутор и главни контрибутор презентације и интерпретације резултата:

- **D. Stojiljkovic**, J. Scepanovic, S. Vrhovac and N. Svrakic, “Structural Properties of Particle Deposits at Heterogeneous Surfaces”, J. Stat. Mech. 2015, P06032, p. 1-23 (2015)

### 3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према подацима о цитираности аутора изведених из базе Web of Science 29.09.2022., радови чији је кандидаткиња ко-аутор цитирани су 28 пута, од чега 26 пута без аутоцитата, а Хиршов фактор је 3.

### 3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидаткиња је објавила 5 радова у часописима:

- 1 рад у часопису Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment (ISSN 1742-5468) категорија M21a, IF(2014)=2.404, SNIP(2013)=0.98
- 2 рада у часопису Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications (ISSN 0378-4371) категорија M21, IF(2016)=2.243, SNIP(2016)=1.25
- 1 рад у часопису Communications in Computational Physics (ISSN 1815-2406) категорија M21, IF(2012)=1.863, SNIP(2010)=1.39
- 1 рад у часопису Physics Letters A (ISSN 0375-9601) категорија M22, IF(2005)=1.550, SNIP(2005)=1.00

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидаткиња објављивала радове приказани су у табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	10.303	39	5.87
Усредњено по чланку	2.061	7.8	1.174
Усредњено по аутору	2.998	11.1	1.685

### 3.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Кандидаткиња је све своје истраживачке активности реализовала у Институту за физику у Београду. Кандидаткиња је водећи аутор у 3 објављена рада у којима је дала кључни допринос у изради свих потребних нумеричких симулација, добијању, интерпретацији и презентацији нумеричких резултата, као и у писању рада. У раду у ком је другопотписани аутор дала је допринос у дискусији и интерпретацији резултата, док је у раду у коме је трећи аутор, а који се бави програмским алгоритмом, дала кључни допринос у припреми програмског кода за објављивање.

### 3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Од 2000. до 2010. године кандидаткиња је ангажована у Истраживачкој станици Петница, прво као млађа, а затим као стручна сарадница. Учествовала је у школи „Advanced School in High Performance Computing Tools for e-Science“ у својству татора. Школа је одржана од 5. до 16. марта 2007. године на „The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics“ у Трсту у Италији. У својству предавача, кандидаткиња је учествовала у једнодневним обукама „EGI Hands On Training for AEGIS Users“ одржаној 25. марта 2011. године на Институту за физику у Београду, „Grid Training for Power Users“ одржаној 28. маја 2012. године на Институту за физику у Београду и „EGI Grid Hands On Training for Researchers of UOB Faculty of Chemistry and ICTM“ одржаној на Хемијском факултету Универзитета у Београду.

### 3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Сви радови кандидаткиње објављени у међународним часописима базирају се на нумеричким симулацијама. Један рад категорије M21 има 6 аутора и подлеже нормирању (8 пуних бодова се нормира на 6.67), док остали имају 2, 3, 4 или 5 аутора и вреднују се пуним бројем бодова. Укупни број бодова радова из категорија M20 је 39, а нормирани 37.67.

### 3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидаткиња је учествовала на следећим националним пројектима:

- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система;
- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ИИИ43007 Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину - праћење утицаја, адаптација и ублажавање.

Кандидаткиња је као руководилац радног пакета учествовала на међународном пројекту:

- HP-SEE (2010-2012), High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe's Research Communities; European Commission, FP7, Research infrastructures project.

Кандидаткиња је учествовала на следећим међународним пројектима као руководилац радних задатака:

- PRACE-3IP (2012-2014), Partnership for Advanced Computing in Europe - Third Implementation Phase Project; European Commission, FP7, Research infrastructures project;
- PRACE-2IP (2011-2013), Partnership for Advanced Computing in Europe AISBL - Second Implementation Phase Project; European Commission, FP7, Research infrastructures project.

### 3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Даница Стојиљковић је била водећи члан организационог одбора конференције HP-SEE User Forum 2012, која је одржана од 17. до 19. октобра 2012. године у Народној библиотеци Србије у Београду. Такође је учествовала у уређивању зборника саопштења са ове конференције која је у категорији међународних научних скупова (категорија M36):

- M. Dulea, A. Karaivanova, A. Oulas, I. Liabotis, **D. Stojiljkovic** and O. Prnjat: “High-Performance Computing Infrastructure for South East Europe's Research Communities - Results of the HP-SEE User Forum 2012”, Modeling and Optimization in Science and Technologies, vol. 2 (2014), Springer International Publishing DOI 10.1007/978-3-319-01520-0; ISSN 2196-7326;

Кандидаткиња је активно учествовала у организацији научних конференција PRACE Scientific Conference 2012 (17. јун 2012, Хамбург, Немачка) и PRACE Scientific Conference 2013 (16. јун 2013, Лајпциг, Немачка) .

### 3.6. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата огледа се у подацима о цитираности, наведеним у секцији 3.1.2.

#### 4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	1	10	10
M21	8	3	24	22.67
M22	5	1	5	5
M33	1	3	3	3
M36	1.5	1	1.5	1.5
M63	1	1	1	1
M70	6	1	6	6

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

	Неопходно	Остварено	Остварено (нормирано*)
Укупно	16	50.5	49.17
M10+M20+M31+M32+M33+M34+M41+M42	10	42	40.67
M11+M12+M21+M22+M23	6	39	37.67

\*Нормирање је урађено у складу са Прилогом 1 Правилника.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Анализом научне активности, као и квалитативних и квантитативних показатеља рада, закључили смо да кандидаткиња, др Даница Стојиљковић, у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Законом о науци и истраживањима.

На основу свега изнетог предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Данице Стојиљковић у звање научни сарадник.

У Београду, 13. октобар 2022. године

Чланови комисије



др Слободан Врховац  
научни саветник  
Институт за физику у Београду  
Универзитет у Београду



др Јулија Шћепановић  
научни сарадник  
Институт за физику у Београду  
Универзитет у Београду



др Сунчица Елезовић-Хацић  
редовни професор  
Физички факултет  
Универзитет у Београду