

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај Комисије за реизбор др Радмиле Панајотовић у звање научни сарадник

На основу захтева др Радмиле Панајотовић за реизбор у звање научни сарадник, поднетог 28. новембра 2023. године, Научно веће Института за физику у Београду нас је именovalo у Комисију за реизбор др Радмиле Панајотовић у звање научни сарадник, на својој седници 5. децембра 2023. године. Прегледом материјала који нам је достављен, Научном већу Института за физику, Београд, подносимо следећи Извештај.

1. Стручна биографија

Др Радмила Панајотовић је дипломирала 1989. године на Физичком факултету у Београду, на смеру експерименталне физике, са темом дипломског рада из физике молекула, а под руководством професора Милана Курепе. На последњој години студија била је један од двоје стипендиста Института за физику у Београду, где је после дипломирања и запослена као члан Групе за физику атомских судара. Магистрирала је у јуну 1993. године у области експерименталне физике атома и молекула, на тему „Одређивање ефективних диференцијалних пресека за еластично и нееластично расејање електрона на атомима живе“, под руководством професора Владимира Пејчева и Др Братислава Маринковића. Овај рад је исте године добио награду за најбољи магистарски рад урађен на Институту за физику - Београд. Крајем 1996, као стипендиста француске владе, одлази на осмомесечни стручни тренинг (фр. „stage“) у Лабораторији за динамику молекула, на Универзитету Пјер и Марија Кири, Париз 6, Француска (Université Pierre et Marie Curie, Paris VI), где је радила у групи професора Ричарда Хола на експерименту фотојонизације молекула у гасној фази. Докторску тезу, под називом „Расејање електрона средњих енергија на атомима IIб групе“ одбранила је у јулу 1999. године, такође под руководством професора Пејчева и Др Маринковића.

Крајем 1999. године Др Радмила Панајотовић одлази на четворогодишње пост-докторско усавршавање у Лабораторији за физику атома и молекула Аустралијског Националног Универзитета (Atomic and Molecular Physics Laboratory, Research School of Physical Sciences and Engineering, Australian National University, Canberra, Australia), где ради на неколико пројеката у области електронске спектроскопије атомских и молекулских мета у гасној фази. Почетком 2004. године, Др Панајотовић одлази у групу професора Леона Санша, на Одсеку за нуклеарну медицину и радиобиологију Медицинског факултета на Универзитету у Шербруку, Канада (University of Sherbrooke, Quebec, Canada). У току следеће три године ради на проблему интеракције електрона ниских енергија са молекулима ДНК у кондензованој фази. Циљ овог истраживања је био откривање механизма оштећења хелијског генетског материјала под дејством високо-енергијског јонизујућег зрачења и побољшање дозирања радиотерапије у третману рака. У току 2007. године, Др Панајотовић је конкурисала заједно са професором Најџелом Мејсоном са Отвореног Универзитета у Великој Британији (The Open University, Milton Keynes, UK) за средства истраживања у оквиру FP7 Marie Curie – People програма реинтеграције квалитетних европских стручњака који су напустили Европу и освојила грант за оригиналан пројект под насловом „Експериментално истраживање физичко-хемијских ефеката интеракције ниско-енергијских електрона са изолованим, груписаним и само-организованим биомолекулима“ (eng. „*Experimental investigation of physico-chemical effects of low-energy electron interaction with isolated, clustered and self-assembled biomolecules*“). Програм овог пројекта је започет на

Отвореном Универзитету у марту 2008. године и трајао је до краја 2010. од када је Др Панајотовић наставила да организује и руководи истраживањем на наведеном пројекту у својству гостујућег истраживача (*Visiting Researcher*). Од јула 2011. године Др Панајотовић је запослена у Институту за физику - Београд једним делом укључена је на пројекат „Електронске, транспортне и оптичке особине нанофазних материјала“ (171033), а другим на пројекту „Физика уређених наноструктура и нових материјала у фотоници“ (171005), финансираним од стране Министарства за науку и просвету Републике Србије. У оквиру оба пројекта наставља рад на проблематици везаној за део свог претходног пројекта који се односи на интеракције и транспорт наелектрисаних честица у биомолекуларним танким филмовима формираним на силицијумским и графенским субстратима. Такође се кроз студијске посете наставља и њена сарадња са Отвореним Универзитетом. У периоду од 2016. године до данас, боравила је као сарадник (*Visiting professor*) Проф Др Силвије Пташинске, редовног професора Универзитета Нотр Дам, САД, затим као главни истраживач пројекта у оквиру Централно-европске мреже лабораторија (CERIC-ERIC – project *Principal Investigator*) у лабораторијама Карловог универзитета у Прагу, и у радним посетама Универзитета у Сегедину, кроз сарадњу са Проф. Др Ласло Нађом.

Др Панајотовић је експерт у широком спектру експерименталних техника и инструмената, као што су техника ултра-високог вакуума (UHV), електронска оптика, депозиција танких филмова, техника Лангмир-Блоџет за преношење танких филмова на чврсте подлоге, диодних ласера, извора и детектора наелектрисаних честица и фотона, коришћења Микроскопа атомских сила, Инфра-црвене спектрометрије, итд. Др Панајотовић је аутор 27 радова у међународним часописима који су цитирани више од 600 пута (без аутоцитата, h-индекс=15, према Scopus - 1993-2023), од чега 20 у изузетним и врхунским научним часописима, као и великог броја конференцијских контрибуција и бројних предавања. Током своје каријере била је ко-ментор у изради дипломског и два докторска рада, од чега једног током свог пост-докторског усавршавања у иностранству, а другог у Институту за физику, у Београду. У периоду од 2012. године до данас такође је била председавајући на секцији Радијациона физика (*Radiation Physics*) на конференцији RAD2015, обављала функцију Генералног секретара двеју међународних, представљала Србију у менаџмент комитету COST TD1002, води сарадњу са Универзитетом у Сегедину и Биофизичким институтом у Сегедину, који је део Мађарске Академије наука и Радијационом лабораторијом Универзитета Нотр Дам, у САД. У Србији сарађује са Стоматолошким факултетом Универзитета у Београду. Активна је и као рецензент у истакнутим међународним часописима, пројектима Хоризонт 2020, затим као гостујући и придружени уредник. Укључена је као члан билатералног пројекта „Модулација магнетних особина самоорганизујућих филмова графена за детекцију загађења и пречишћавање отпадних вода“, са Аустријом, водила је пројекат у оквиру Централноевропске мреже научних лабораторија - „*Characterization of 2D-material based composite thin films as active elements for sensing Pb and As pollution in water*“, и вођа је радног пакета у оквиру пројекта „2D Material-based Tiled Network Films for Heritage Protection-2DHeriPro“ програма Призма, финансираног од стране Фонда за науку, који је почео у децембру 2023. године.

2. Преглед научне активности

2.1 Преглед укупне научне активности

Др Радмила Панајотовић је објавила двадесет седам научних радова у међународним научним часописима, од чега двадесет у изузетним и врхунским и четири

у истакнутим међународним часописима. Такође је учествовала на великом броју међународних конференција, где је дала допринос кроз десет саопштења штампаних у целини, од чега три са предавања по позиву, као и више од педесет саопштења у изводу, од чега је највећи број прихваћен кроз рецензију, једанаест представљен кроз предавања на међународним скуповима. У највећем броју радова, Др Панајотовић је први аутор или ко-аутор са једнако значајним доприносом као први аутор. Кроз теме и фактор утицајности часописа у којима су ови радови објављени, као и број позивних презентација, евидентно је да је Др Р. Панајотовић стекла значајно истраживачко искуство и признато место у области електронске спектроскопије атома и молекула у гасној и кондензованој фази.

Научна експертиза и активност Др Р. Панајотовић се може поделити на неколико под-области :

- **Атомска микроскопија танких филмова** – анализа морфолошких и електронских особина хетероструктура састављених од танких филмова биомолекула и 2Д-материјала (графен, WS₂, итд.) помоћу Микроскопа атомских сила (Келвинова проба), са циљем утврђивања могућности њиховог коришћења као био-хемијских сензора. Морфолошка анализа ћелија на чврстим супстратима. Морфолошка анализа полимерних материјала - полиметил-метаакрилатна пластика (PMMA).

- **Електронска спецтроскопија биомолекула у кондензованој фази** - фотоелектронска спектроскопија х-зрацима (X-ray photoelectron spectroscopy – XPS и NEXAFS) танких кондензованих филмова; електронска спектроскопија губитка енергије (High-Resolution Electron Energy-Loss - HREEL) расејања нискоенергијских електрона на молекуларним филмовима који садрже ДНК и њене конституенте; анализа једноструких и двоструких прекида у структури ДНК изазваних ударом нискоенергијских електрона; припрема и трансфер Лангмир-Блоцет једноструких и вишеслојних молекуларних узорака; и ФТ-ИЦ спектроскопија танких филмова.

- **Електронска спектроскопија молекула у гасној фази** - мерења апсолутних еластичних и нееластичних ефикасних пресека и екситационих функција за електронско расејање на молекулима (азот, азот моноксид, етилен, тетрафлуороетилен, итд.); мерења негативних молекуларних јона; коинцидентна мерења електрона и производа судара са атомима и молекулима применом методе времена прелета и синхротронског зрачења (Time-of-Flight).

- **Електронска спектроскопија атома** - мерења апсолутних еластичних и нееластичних ефикасних пресека и екситационих функција за електронско расејање на парама метала (жива, цинк, магнезијум) и племенитих гасова (аргон, хелијум); мерења метастабилних атома и негативних атомских јона; коинцидентна мерења расејања електрона на атомима племенитих гасова (хелијум, ксенон).

Од новембра 2012. године Др Панајотовић се бави истраживањима у склопу пројекта ОИ171005 (“Физика уређених наноструктура и нових материјала у нанофотоници”) **на посебној и новој теми истраживања** - испитивање морфолошких и електричних особина хетероструктура састављених од самоорганизујућих биомолекула (фосфолипиди, аминокиселине) и танких филмова 2Д-материјала (графен, MoS₂, WS₂). Главни циљ овог истраживања је дизајн и карактеризација о-FET (organski-

Field-Effect-Transistors) i TF-FET (Tanki-film - *Field-Effect-Transistors*) биохемијских сензора којима је могуће детектовати метаболички важне молекуле, као и широко присутне опасне загађиваче воде и земљишта – арсена и олова. Осим ове теме, истраживачки интерес Др Панајотовић укључује и саморганизујуће особине биомолекула важних за функционисање биомембране, адхезију нано-честица на 2Д-материјалима и њихов транспорт кроз биомолекуларне структуре, адсорпцију молекула протеина и њихове особине везане за алтернативне изворе енергије, примену 2Д-материјала у био-медицини, као и интеракције наелектрисаних честица са материјалима.

Научне активности Др Радмиле Панајотовић обухватају следећа истраживања:

- Спектроскопија и атомска микроскопија ефеката судара електрона са атомским и молекуларним метама –танки филмови

Ово истраживање је фокусирано на мерење ефеката дејства усмереног моноенергијског млаза електрона енергије од 5 до 100 eV на атоме гасова и/или танке филмове молекуларних комплекса на чврстим супстратима и танким филмовима 2Д материјала. Применом ФТ- ИЦ (*Fourier-Transform Infra-Red spectroscopy*) спектроскопије и микроскопа атомских сила анализирају се хемијске и морфолошке промене допираних 2Д материјала и њихових хетероструктура са биомолекулима услед депоновања наелектрисања у специфичним областима танких филмова.

- Испитивање диполних интеракција танких биомолекулских филмова

Помоћу Микроскопије атомских сила и Келвинове пробе, посматрају се и мере промене електростатичког потенцијала само-организујућих биолошких молекула (липиди, аминокиселина, нуклеинских база) на диелектричним и проводним супстратима.

- Мерење величине и облика индивидуалних нано-честица

У оквиру COST акције TD1002 (AFM4NanoBioMed) извршена су мерења стандардизације поступака мерења индивидуалних честица силицијум диоксида и њихових кластера суспендованих у ултра-чистој води и у узорку морске воде из северног Јадрана. Такође, као део билатералног пројекта сарадње са Аустријом, чији је циљ испитивање могућности модулације магнетних особина самоорганизованих филмова графена за детекцију загађења и пречишћавање отпадних вода, истом методом врше се мерења величине и облика кластера магнетних честица на танким филмовима графена.

- “XPS”- Фото-електронска спектроскопија танких филмова 2Д-материјала

У сарадњи са компанијом Thermo Fischer Scientific (UK) и Универзитетом Нотр Дам (USA), вршена су мерења на графенским филмовима допираним азотном киселином, као и на осталим 2Д-материјалима, WS₂, MgB₂ и h-BN. У склопу пројекта Централно-европске мреже лабораторија вршена су спектроскопска мерења на хетероструктурама биолошких молекула (цистеина, липиди и тимина) на графену, WS₂ и MoS₂, са посебним нагласком на дејство влажности, тј. присуства гасовите воде на овим материјалима. Такође су мерене везивне енергије молекула H₃AsO₄ (арсенична киселина) и Pb(NO₃)₂ на чистим 2Д материјалима и хетероструктурама.

- Испитивање физичких и хемијских промена на површини матичних ћелија гајених на филмовима 2Д-материјала ексфолираним из течне фазе

У сарадњи са колегама са Биолошког и Стоматолошког факултета Универзитета у Београду вршена су испитивања дејства течено-ексфолираних филмова 2Д-материјала на раст и диференцирање матичних ћелија у неуроне. У овом истраживању се користе методе атомске микроскопије и Раман спектроскопије.

- Испитивања фото-волтаичних извора базираних на хетероструктурама састављеним од органских реактивних центара (PIQ) и течено ексфолираних графенских филмова

У сарадњи са колегама са Универзитета у Сегедину, Мађарска, испитују се фото-волтаичне особине протеина (који представљају реактивне центре пигмента хлорофила) депонованих на танким филмовима графена. Ово истраживање има примену у креирању био-електричних обновљивих извора енергије.

- Испитивање морфологије и квашљивости полимерних материјала који се користе у зубној протетици (зубни полиметил-метаакрилати – Dental PMMA)

У сарадњи са стоматолошким факултетом Универзитета у Београду, Катедром за зубну протетику, врши се испитивање храпавости и квашљивости површина пластичних полимерних узорака добијених различитим поступцима полимеризације – спонтаном полимеризацијом или излагањем повишеној температури, као и пластичних узорака обрађених компјутерски контролисаном методом (CAD-CAM – Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) или 3Д штампањем (3D Printing) уз полимеризацију УВ зрацима. У овом истраживању се посматра дејство старења материјала грејањем на температуре изнад 50 °С. За испитивање изгледа површине и хидрофобности ових материјала пре и после излагања повишеној температури користи се атомска микроскопија силе и метода мерења контактеног угла капљице воде на површини узорка.

- Физичко-хемијска карактеризација узорака културног наслеђа и њихова заштита танким филмовима 2Д материјала

У оквиру пројекта ПРИЗМА, који се бави испитивањем заштитних својстава танких филмова пиропилита, каолинита и хексаборнитрида на узорке зидног сликарства и остале артефакте у склопу културних споменика, раде се спектроскопска и микроскопска мерења незаштићених/оригиналних комада културне баштине. ФТ-ИЦ, Раман, фотоелектронска спектроскопија се користе у карактеризацији евентуалних хемијских и физичких промена у структури камене подлоге, пигмената зидног сликарства и њиховој отпорности на влагу после наношења танких заштитних филмова 2Д материјала.

2.2 Преглед научних резултата од претходног избора у звање (период дефинисан Правилником о стицању истраживачких и научних звања ("Sl. glasnik RS", br. 159/2020 i 14/2023)

У периоду од септембра 2018. до децембра 2023. године, резултати истраживања Др Панајотовић су представљени у два врхунска међународна часописа (M21), три

истакnута међународна часописа (M22) и шест саопштења на међународним конференцијама (M34), од којих је једно позивно предавање (M32).

M21

- Simonovic, J.; Toljic, B.; Lazarevic, M.; Markovic, M.M.; Peric, M.; Vujin, J.; Panajotovic, R.; Milasin, J.

“The Effect of Liquid-Phase Exfoliated Graphene Film on Neurodifferentiation of Stem Cells from Apical Papilla”, *Nanomaterials* 2022, 12, 3116; DOI: 10.3390/nano12183116

- B. P. Marinković, R. Panajotović, D. Šević, R. P. McEachran, G. García, F. Blanco, and M. J. Brunger,

“Experimental and theoretical cross sections for elastic electron scattering from zinc”, *Phys. Rev. A* 2019 99, 062702; DOI: 10.1103/physreva.99.062702

M22

- J. Vujin, T. Szabo, R. Panajotovic, A.G. Vegh, L. Rinyu, and L. Nagy,

“Photosynthetic reaction center/graphene bio-hybrid for low-power optoelectronics”, *Photosynthetica* 61 (SI): 61-68, 2023; DOI: 10.32615/ps.2023.041

- Jasna Vujin, Weixin Huang, Jovan Ciganović, Sylwia Ptasinska, and Radmila Panajotović,

“Direct Probing of Water Adsorption on Liquid-Phase Exfoliated WS₂ Films Formed by the Langmuir–Schaefer Technique”, *Langmuir* 2023, 39, 23, 8055–8064; DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c00107

- Simonović, Jelena; Toljić, Boško; Rašković, Božidar; Jovanović, Vladimir; Lazarević, Miloš; Milošević, Maja; Nikolić, Nadja; Panajotović, Radmila; Milašin, Jelena,

“Raman microspectroscopy: Toward a better distinction and profiling of different populations of dental stem cells”, *Croatian Medical Journal* 2019 60, Issue 2, Pages 78 – 862019; DOI: 10.3325/cmj.2019.60.78

M32

- Radmila Panajotović and Jasna Vujin,

“Modifications of 2D-material-Organic Thin Films Heterostructures Produced by Monoenergetic Electron Beam”, *Contributed Papers & Abstracts of Invited Lectures, Topical Invited Lectures, Progress Reports and Workshop Lectures, 29th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 28-September 1, 2018, Belgrade, Serbia, p.10; ISBN 978-86-7306-146-7*

M34

- Tijana Tomašević-Ilić, Đorđe Jovanović, Radmila Panajotović, Radoš Gajić, and Marko Spasenović,

“Large-scale deposition of self-assembled thin films from liquid phase exfoliated h-BN”, *Abstracts of Tutorial, Keynote, Invited Lectures, Progress Reports and Contributed Papers, The Seventh International School and Conference on Photonics PHOTONICA2019, 26 August – 30 August 2019, Belgrade, Serbia, p. 114; ISBN 978-867306-153-5*

- R. Panajotović, J. Vujin, M. Vorokhta, I. Khalakhan, I. Milošević, W. Huang, and S. Ptasinska,

“Effects of ambient humidity on composite graphene-thymine and graphene-lipid thin films as a platform for molecular sensing”, *Book of Abstracts, 20th International Conferences on Nanosciences and Nanotechnologies, NN23, 4-7. July 2023, Thessaloniki, Greece, p.76;*

- Jasna Vujin, Martina Gilić, and Radmila Panajotović,

“Application of 2D-materials in building molecular heterostructures”, *Book of Abstracts of RAD 2019, Herceg Novi, Montenegro, p.25; ISBN 978-86-901150-0-6*

- Jasna Vujin, Weixin Huang, Sylwia Ptasinska and Radmila Panajotović,

“Effects of water on thin films consisting of biomolecules and 2D materials”, *Book of Abstracts of RAD 2019, Herceg Novi, Montenegro, p.24; ISBN 978-86-901150-0-6*

- Jasna Vujin and Radmila Panajotović,

“Spectroscopic insight into the structure of biomolecule-2D-material thin films”, *Book of Abstracts, 12th Photonics Workshop: Kopaonik, March 10 – 14, 2019; ISBN 978-86-82441-49-6*

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата

3. 1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Научни ниво Др Радмиле Панајотовић се огледа у чињеници да су њени радови константно цитирани више од десет година од тренутка објављивања. Такође, више од 75% радова је објављено у изузетним и врхунским научним часописима (5 у категорији изузетних - M21a, 15 у категорији врхунских - M21, 6 у категорији истакнутих- M22 и 1 у категорији међународних – M23 часописа).

У свим радовима објављеним *после претходног избора* Др Панајотовић је дала значајан допринос: кроз експериментална мерења, конципирање идеје, ревизије рукописа, припреме за публикување, кореспонденције са рецензентима и презентације на конференцијама. **Највећи научни помак је остварен у следећим радовима:**

- Jasna Vujin, Weixin Huang, Jovan Ciganović, Sylwia Ptasinska, and **Radmila Panajotović**, “Direct Probing of Water Adsorption on Liquid-Phase Exfoliated WS₂ Films Formed by the Langmuir–Schaefer Technique”, *Langmuir* 2023, 39, 23, 8055–8064; DOI: 10.1021/acs.langmuir.3c00107
- **R. Panajotović**, J. Vujin, M. Vorokhta, I. Khalakhan, I. Milošević, W. Huang, and S. Ptasinska, “Effects of ambient humidity on composite graphene-thymine and graphene-lipid thin films as a platform for molecular sensing”, *Book of Abstracts*, 20th International Conferences on Nanosciences and Nanotechnologies, NN23, 4-7. July 2023, Thessaloniki, Greece, p.76;

У овом раду у часопису *Langmuir* и саопштењу са конференције NN23 приказани су резултати истраживања дејства гасовите воде на чисте филмове 2Д материјала, WS₂ и графена, и на хетероструктуре графена са липидним молекулима и нуклеинском базом (тимин). Разумевање интеракције молекула воде са површином танког филма састављеног од нанометарски танких љуспица волфрамдисулфида, формираних на граници течност/течност (вода/толуен), је од суштинске важности за фино подешавање сензорских уређаја заснованих на овом полупроводном 2Д материјалу. Било да се ради о сензорима влаге или о детекцији разноврсних хемијских агенаса у воденим растворима, молекули воде су увек присутни и играју значајну улогу у преносу наелектрисања. У случају WS₂, уз помоћ фотоелектронске спектроскопије у приближно амбијенталним условима (Near Ambient Pressure – X-ray Photoelectron Spectroscops. NAP-XPS), показано је да присуство WO₃, WO_{3-x} и хидрираног волфрамоксида може да се објасни присуством великог броја ивичних дефеката на љуспицама материјала ексфолираног из течне фазе, који се само-организују у танки филм на граници вода/толуен. Грејањем танког филма WS₂ у ултрависоком вакууму постиже се само делимична елиминација воде из структуре филма, док хемисорбована вода остаје заробљена у међупростору љуспица. После излагања овако одгрејаног филма гасовитој води у контролисаним условима (1 и 5 mbar), на основу помака везивне енергије електрона унутрашњих љусака волфрама и кисеоника, показало се да су управо WO₃, WO_{3-x} места где се везују молекули воде и где долази до трансфера електрона на дефектима. Такође је показано да се већ при притиску водене паре од 1 mbar молекули воде доминантно везују физисорпцијом на површини љуспица. С обзиром на то да ови притисци водене паре одговарају релативној влажности од око 4 до 23 %, закључено је да је чак и у условима ниске влажности, физисорбована вода важан учесник у електронском транспорту на танким филмовима волфрам дисулфида.

Осим на WS₂, слични експерименти су урађени и на графену и хетероструктурама липида и тимина на графенским филмовима. Резултати представљени на међународној конференцији из нанотехнологије, показују да графенски филм, такође састављен од љуспица добијених ексфолијацијом из течне фазе, формиран на фазној граници вода/ваздух, има доминантно хидрофобне особине, много мањи проценат оксида него филмови WS₂, али да због доминантне заступљености ивичних дефеката млекули воде остају заробљени у простору између љуспица. Стога, депозиција било ког воденог раствора на површину оваквог графенског филма заправо производи редистрибуцију молекула воде у простору између љуспица и формирање кластера који диктирају

везивање раствореног хемијског агенса. У случају воденог раствора нуклеинске базе тимина депонованог на графенски филм, Рамански и фотоелектронски спектри су показали да долази до значајног појачања вибрационог спектра тимина и повећања хидрофилности композита у односу на чист графенски филм. У случају водене дисперзије липида, присутан је електронски трансфер између графена и поларног дела липидног молекула који садржи негативно наелектрисану фосфатну групу. Такође, ни липиди, ни тимин не мењају структуру графенског филма.

Др Панајотовић је формирала идеју и концепт свих ових истраживања. У првом раду је била ментор првом аутору и кореспондентни аутор. Такође је извела NAP-XPS и AFM (Atomic Force Microscopy) експериментална мерења и анализу резултата тих мерења. Учествовала је у писању и ревизији рада. Урадила је комплетну анализу NAP-XPS резултата и мерења Раман спектра приказаних у саопштењу. Ови резултати су тренутно у фази припреме за публикавање.

- Simonovic, J.; Toljic, B.; Lazarevic, M.; Markovic, M.M.; Peric, M.; Vujin, J.; **Panajotovic, R.**; Milasin, J.

“The Effect of Liquid-Phase Exfoliated Graphene Film on Neurodifferentiation of Stem Cells from Apical Papilla”, *Nanomaterials* 2022, 12, 3116; DOI: 10.3390/nano12183116

Овај рад представља резултате примене графенских филмова формираних самоорганизовањем љуапица графена добијених ексфолијацијом из течне фазе. Матичне ћелије из зубне пулпе су веома лако доступне и због тога представљају добре кандидате за неуро-регенеративне процедуре, где се њиховом стимулисаном диференцијацијом стимулише раст жељеног ткива. Графен се показао као веома повољна подлога за раст ћелија, највише због своје мале или непостојеће токсичности и постојаних физичких особина. Велики број радова у овој области се базира на коришћењу графен оксида (GO), који има недостатке у погледу постојаности и комплексне процедуре производње. Главна идеја овог рада је истраживање потенцијала графенских филмова састављених од љуспица ексфолираних из течне фазе (liquidphase exfoliated graphene (LPEG)) у промоцији диференцијације матичних ћелија у неуроне. Извршена је карактеризација графенских филмова на полиетиленским супстратима методама електронске, AFM и раманске спектроскопије, а онда је примењен низ биолошких метода – узгој и стимулација матичних ћелија у развој неурона, анализа разгранатости и морфологије неурона и њихове виталности. Показано је да је способност матичних ћелија из зубне пулпе за диференцијацију у неуронске ћелије веома повећана растом на графенским филмовима састављених од нанољуспица. Разгранатост и облик неурона такође указују на нетоксичност ове врсте графенских филмова, што је од великог значаја за будуће примене у области гајења органа *in vitro*.

У овом раду Др Панајотовић је била одговорна за мерења AFM методом, и то за карактеризацију графенских филмова и мерења величине и облика матичних ћелија и неурона, као и за одговоре рецензентима на питања везана за ова мерења. Такође је учествовала у планирању експеримената и дискусији резултата.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Укупан научни допринос Др Радмиле Панајотовић је цитиран преко 620 пута без аутоцитата (h-индекс 15 према Scopus 1993-2023). Просечна цитираност радова Др Панајотовић је више од 20 цитата по раду.

3.1.3 Параметри квалитета радова и часописа

Укупан импакт фактор часописа у којима су објављени радови је **80.036**, а од последњег избора у звање **16.785**.

1 рад у	Nanomaterials	ИФ 5.4
1 рад у	Physical review A	ИФ 2.777
1 рад у	Lamgmuir	ИФ 3.9
1 рад у	Photosynthetica	ИФ 3.2
1 рад у	Croatian Medical Journal	ИФ 1.508

Библиометријски параметри у укупној каријери

	ИФ	М	СНИП
Укупно	80.36	203	28.28
Усредњен по чланку	2.98	7.52	1.05
Усредњен по аутору	14.25	36.61	5.05

Библиометријски параметри од претходног избора у звање:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	16.79	31	4.40
Усредњен по чланку	3.36	6.2	0.88
Усредњен по аутору	2.35	4.53	0.67

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

Др Панајотовић је у току своје каријере провела више од једанаест година у истакнутим научним установама у иностранству, на пост-докторском усавршавању. У својој дугододишњој каријери остварила је бројне сарадње са научницима из Аустралије, Сједињених Америчких Држава, Канаде, Француске, Чешке Републике и Мађарске.

У току своје каријере објавила је више од 65% радова као први или кореспондентни аутор.

Од 2012. године ради на посебној теми истраживања у лабораторији за 2Д материјале, која спада у домен мултидисциплинарних истраживања и укључује сараднике из институција у Србији – Стоматолошки факултет у Београду, и ван земље.

3.1.5 Награде на конкурсима

Др Радмила Панајотовић је 1993. године добила награду Института за физику, Београд за најбољи магистарски рад, а затим, 1996. стипендију француске владе за рад у истраживачкој лабораторији на универзитету Пјер и Марија Кири у Паризу. Освојила је средства на конкурсима за колаборативно истраживање, учествовање и презентације резултата на конференцијама и изградњу експерименталних апаратура.

- SIT (Senior Scholar in Training) грант за презентацију и председавање на мини-симпозијуму у оквиру конференције Radiation Research Society Conference (2010) на Мауију, Хаваји, Сједињене Америчке Државе
- COST-ECCL грант за колаборативну посету у марту 2009. године, на Универзитету Билефелд, Немачка
- SIT (Scholar in Training) грант за оралну презентацију рада на конференцији Radiation Research Society, (2006) Филаделфија, Сједињене Америчке Државе
- Истраживачки грант за опрему (Research Equipment Fund grant funding – RIEF) са колегама проф. Стивен Бакман, Др Маартен Хохерланд и Др Џулијан Лоуер) за 2001. годину (92 000 АУД).
- Стипендија француске Владе (бивши CIES) за осмомесечни боравак у Лабораторији за динамику јона и молекула (Laboratory for the Dynamics of Ions and Molecules -DIAM), Универзитет Пјер и Мари Кири, Париз, Француска (1996-1997).
- Награда Института за физику у Београду за најбољи магистарски рад за 1993. годину.

3.1.6 Елементи применљивости научних резултата

Научни резултати Др Радмиле Панајотовић су мултидисциплинарног карактера и прате тренд модерних истраживања у нанотехнологији. Првенствена примена је у развоју нових наноматеријала који могу да се користе као активни елементи биохемијских сензора, фотоволтаичних елемената као нових извора енергије, подлога за развој ћелија и ткива у реконструктивној медицини, као и заштите културног наслеђа и животне средине.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

У свом досадашњем раду, Др Р. Панајотовић је била активно укључена у образовање и тренинг студената. Током рада на Аустралијском националном Универзитету учествовала је на серији семинара на тему „Подучавање на Универзитету“, а била је коментор у извођењу дипломског рада Џ. Харисон (2002) и доктората М. Јелисавчић (2002-2003). Током рада на Отвореном Универзитету у Великој Британији (2007-2010) држала је предавања, вежбе и колоквијуме из практичног предмета „Електромагнетика“. За последипломце је држала предавања из области електронских судара.

У оквиру Лабораторије за 2Д материјале Центра за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику, Београд, Др Радмила Панајотовић учествује у

подучавању младих чланова групе. Била је ментор Др Јасни Вујин, која је докторирала у септембру 2023. године на Факултету за физичку хемију.

Такође је била члан комисије за избор у звање истраживач-сарадник колеге Александра Томовића.

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У периоду *од претходног избора у звање*, Др Панајотовић је објавила пет радова из категорије часописа M20. Сви радови су експерименталног карактера и мултидисциплинарни, осим једног рада у Physical Review A (M21), који је у области атомске физике. Један рад категорије M21 и два рада категорије M22 имају број коаутора мањи или једнак седам и за њих се бодови не нормирају. Један рад из категорије M21 има осам аутора, док један рад из категорије M22 има девет аутора и за њих је извршено нормирање.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Током своје каријере Др Панајотовић је руководила посебном темом истраживања за коју је освојила Мари Кири Интернационални Реинтеграциони грант (позив 2007) (Marie Curie International Reintegration Grant) за период од четири године (2008 – 2012). Овај пројекат је имао за тему проучавање дејства електрона малих енергија на молекуле фосфолипида као модела ћелијских мембрана. Циљ овог истраживања је био откривање механизма дејства секундарних честица које настају у процесу јонизације ткива Х-зрацима у току радијационе терапије пацијената оболелих од болести рака.

У оквиру пројекта ОИ171005 (“Физика уређених наноструктура и нових материјала у нанофотоници”) **на посебној и новој теми истраживања** - испитивање морфолошких и електричних особина хетероструктура састављених од самоорганизујућих биомолекула (фосфолипиди, аминокиселине) и танких филмова 2Д-материјала (графен, MoS₂, WS₂). Главни циљ овог истраживања је дизајн и карактеризација о-FET (organic-Field-Effect-Transistors) и TF-FET (Tanki-film - Field-Effect-Transistors) биохемијских сензора.

У периоду од претходног избора у звање, у оквиру CERIC-ERIC централноевропске мреже истраживачких центара, 2022. године је руководила оригиналним пројектом који је укључивао сарадњу са Лабораторијом за физику површина и плазму, Карловог универзитета у Прагу: Proposal number: 20217047 Title: „*Characterization of 2D-material based composite thin films as active elements for sensing Pb and As pollution in water*“.

Од децембра 2023. године руководи радним пакетом у оквиру пројекта „2D Material-based Tiled Network Films for Heritage Protection-2DHeriPro“, финансираним од стране Фонда за науку Републике Србије у оквиру програма ПРИЗМА. Наслов радног пакета је „*2D materials – artefacts compatibility investigation (WP3)*“ и обухвата физичко-хемијску карактеризацију узорака културног наслеђа и интеграције танких филмова 2Д материјала са тим узорцима.

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Чланства у научно-стручним друштвима

Др Радмила Панајотовић је била дугогодишњи члан Америчког физичког друштва (American Physical Society) и Radiation Research Society, а до 2010. године била је и члан Institute of Physics (IoP, UK). Тренутно је члан друштва Radiation Research Society.

Рецензије научних радова и пројеката

Један од значајних доприноса Др Панајотовић научној заједници је рецензирање и реферисање научних радова за истакнуте међународне часописе - *Journal of Physical Chemistry, Physical Chemistry Chemical Physics, Nucleic Acids Research, Applied Surface Science, Physica Scripta, Journal of Physics D, Chemistry Communications, Biomedical Physics & Engineering Express, Metals, 2D Materials, Nanotechnology, Engineering Express*.

Др Радмила Панајотовић је такође била рецензент за међународне пројекте Хоризонт2020 и „FET-RIA Pathfinder“ у периоду од 2017 до 2021. године (више од 20 пројектних предлога).

Тренутно је експерт рецензент за пројекте у оквиру „Physics for Future - (P4F) Marie Curie-Skłodowska postdoctoral programme“, координисаног од стране Института за физику Чешке Академије наука - Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences (FZU).

Учешће у научним и програмским комитетима домаћих и међународних конференција

Др Панајотовић је била члан научног одбора међународне конференције TABIS2013. На конференцији RAD2015 је била члан комисије за избор најбоље постер презентације. Такође је била Генерални секретар конференције PHOTONICA 2013, где је учествовала у креирању програма предавања.

Уредништво

Др Панајотовић је била и гост-уредник посебног броја часописа *Physica Scripta* 2013-2014. године. Од октобра 2023. године је Придружени уредник (Associate Editor) истакнутог међународног часописа *Frontiers in Physics*

3.6 Утицај научних резултата

Утицај научних резултата Др Панајотовић се огледа у дугогодишњој цитираности радова. Такође, просечан број цитата је већи од 20, што је за области којима се бави изнад просека. Укупан број цитата је већи од 620, док је h-индекс 15.

Међу пет најцитиранијих радова су три у којима је први аутор и један где је други аутор.

3.7 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Др Р. Панајотовић је у досадашњој каријери радила у неколико иностраних научних лабораторија -

- осам месеци као стажиста на Универзитету Париз ВИ у Француској,
- четири године као пост-докторски сарадник на Аустралијском Националном Универзитету у Канбери, Аустралија,
- три године као пост-докторски сарадник на Универзитету у Шербруку, Канада, и
- три године као пост-докторски истраживач на Отвореном универзитету у Милтон Кијнсу, Велика Британија.

Поред тога, гостовала је у AMOLF групи у Амстердаму, Холандија, и у Лабораторији за супрамолекуларне системе Факултета у Билефелду, Немачка, у оквиру колаборација које је сама покренула. Такође је учествовала на мерењима на синхротронским инсталацијама у Европи. Поред институција и група у Србији и иностранству у којима је била запослена, Др Р. Панајотовић је кроз заједничке објављене радове и радне посете сарађивала са члановима следећих истраживачких центара:

Drake University, Des Moines, IA, USA (prof. K. Bartschat)

Sophia University, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan (Dr M. Kitajima and prof. H. Tanaka)

University of Missouri, Rolla, Missouri, USA (prof. D. Madison)

Griffith University, Brisbane, Queensland, Australia (prof. B. Lohmann)

Flinders University, Adelaide, South Australia, Australia (prof. M. Brunger)

Changnam National University, Daejeon, South Korea (prof. H. Cho)

AMOLF, Amsterdam (prof. Mischa Bonn)

University of Bielefeld, Bielefeld, Germany (Dr A. Turchanin and prof. A. Götzhäuser)

Open University, Milton Keynes, UK (prof. Nigel Mason)

Такође је била члан COST-ECCL европске колаборације која је имала за циљ заједнички рад на проблемима електронских судара са молекулима у гасној и кондензованој фази, као и COST акције AFM4NanoBioMed чији је циљ био окупљање лабораторија на теми примене AFM уређаја у истраживањима механичких особина протеина и дистрибуције нано честица силицијума у морској води.

Од 2008. године, када је почела реализација FP7 Marie Curie гранта за оригиналан пројекат под насловом „Експериментално истраживање физичко-хемијских ефеката интеракције ниско-енергијских електрона са изолованим, груписаним и само-организованим биомолекулима“ (eng. „*Experimental investigation of physico-chemical effects of low-energy electron interaction with isolated, clustered and self-assembled biomolecules*“), односно повратка у Европу, Др Панајотовић је остварила самосталне

сарадње и објавила низ радова у којима је применила своју експертизу у бројним експерименталним техникама.

Након повратка у Институт за физику, у Београду, започела је нове правце истраживања - испитивање диполних интеракција танких биомолекулских филмова и хетероструктура са 2Д материјалима, са применом у медицини и детекцији загађивача воде. Започела је сарадњу са Стоматолошким факултетом у Београду (проф. др Јелена Милашин и доцент др Мирјана Перић), Лабораторијом „Radiation lab“, Универзитета Нотр Дам у САД (проф. Силвија Пташинска) и Факултетом за медицинску физику Универзитета у Сегедину (проф. Ласло Нађ).

Процент првог ауторства и равноправног ауторства, укључујући кореспонденцију са едиторима часописа је више од 70 %, што говори у прилог самосталности Др Панајотовић у истраживању у току каријере, а посебно у последњих дванаест година.

3.8 Предавања на научним скуповима

Током свог рада Др Радмила Панајотовић је учествовала на бројним националним и међународним конференцијама на којима је излагала резултате свог истраживања. Међу предавањима која је одржала на научним конференцијама, посебно се издвајају позивна излагања на тему ефеката судара ниско-енергијских електрона са молекулима ДНК и нуклеинским базама, одржана на највећој и најзначајнијој међународној конференцији из области физике атома и молекула, ICPEAC (2007), и на престижној конференцији секције Америчког физичког друштва, DAMOP – APS (2009), као и позивна предавања на међународној конференцији TABIS2013 из области примене физике и математике у биологији и медицини, и предавање у Европском Центру за истраживања JRC (Joint Research Center) у Италији, на тему карактеризације наноматеријала, посебно наночестица, у медицини и биологији.

Предавање Др Р. Панајотовић је било кандидовано као једно од 15 најбољих од укупно више од 150 предавања из више од 10 области на међународној конференцији RAD2015. Научни рад представљен на тој конференцији је објављен у првом броју новог часописа Radiation Applications.

У досадашњој каријери је, до избора у тренутно звање, одржала следећа предавања:

- “Effects of water adsorption on thin films of graphene and tungsten disulfide as active components for biochemical sensors”, 10th Photonics workshop, Kopaonik, Serbia, 28.02.-02.03.2017
- „Electron-beam damage from SEM to lipid-(graphene, MoS₂, WS₂) heterostructures”, Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, May 23-26, 2016, Niš, Serbia
- “Molecular and Atomic Nanoclusters on self-assembled supported lipid multilayer structures”, Characterisation of Nanomaterials in Nanomedicine, Nanobiotechnology enlargement workshop, November 23-25, 2015, Ispra, Italy
- “Radiation effects of slow electrons on biomolecules – where the experiment and theory meet”, Theoretical Approaches to BioInformation Systems (TABIS2013), September 17-22, Belgrade, Serbia
- „FT-IR merenja efekata dejstva niskoenergijskog mlaza na kompleks fosfolipida i arginina“, Šesta radionica Fotonike (2013), Kopaonik, 4-8. mart 2013

- „Electrostatic landscape of arginine on a multilayer DPPC-covered solid substrate“, 15th International Scanning Probe Microscopy Conference, ISPM DIJON 2013, 30th June – 3rd July, Dijon, France
- “XPS Study on Effects of Electron-beam Irradiation of Thin Condensed DPPC Films”, SFKM 2011, Belgrade, Serbia
- “Electrons breaking bonds in DPPC” – AMIG, 15-16 April 2010, The Open University, Milton Keynes, UK
- “Electron-beam irradiation of supported DPPC monolayers – an XPS study” – APS March Meeting, 15- 19 March 2010, Portland, Oregon, USA
- “XPS study on effects of electron-beam irradiation of supported thin phospholipid films” – ECASIA’09, 18-23 November 2009, Antalya, Turkey
- “Effects of low-energy electrons on DNA constituents: effective cross sections for condensed thymidine”, 40th Annual Meeting of the APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics (DAMOP), May 19– 23, 2009; Charlottesville, Virginia, USA
- “XPS study on effects of electron-beam irradiation of supported thin phospholipids films”, POSMOL2009, XVI International symposium on electron-molecule collisions and swarms, 29th July – 1st August 2009, Toronto, Canada
- “Low-energy electron scattering from monomolecular films of biomolecules - past results and future experiments”, October 2008, Laboratory for supramolecular systems, Faculty of Physics, University of Bielefeld, Bielefeld, Germany
- “Effective cross-sections for low-energy electron scattering from monomolecular films of condensed thymidine” Electron-Controlled Chemical Lithography (ECCL) 2008, Lisbon, Portugal, 12-16th March 2008
- “Effects of Low-Energy Electron Impact on Thin Films of Condensed Adenine and Thymidine” CECAM Workshop on Modelling Radiation Damage, Lyon, France, 3-6 December 2007.
- “From DNA to nucleic bases – the effects of low-energy electron impact” XXV ICPEAC (2007), Freiburg, Germany, 24-31 July 2007
- “Vibrational and electronic excitation of condensed adenine by low-energy electrons” Radiation Research Society 2006 Annual Meeting Mini-Symposium, Philadelphia, USA, 4-8 November 2006.
- “Cross Sections for Elastic and Inelastic Electron Scattering from C₂H₄, C₂F₄ and C₄F₈”, Symposium on Physics of Ionised Gases SPIG2002, Soko Banja, Yugoslavia, August 26-30, 2002, published as :The Physics of Ionized Gases: Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, p.75

Предавања од претходног избора у звање:

- *Topical Invited Lecture* – Radmila Panajotović and Jasna Vujin, “Modifications of 2D-material-Organic Thin Films Heterostructures Produced by Monoenergetic Electron Beam”, *Contributed Papers & Abstracts of Invited Lectures, Topical Invited Lectures, Progress Reports and Workshop Lectures*, 29th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 28-September 1, 2018, Belgrade, Serbia, p.10; ISBN 978-86-7306-146-7

Изабране оралне презентације (након рецензије):

- R. Panajotović, J. Vujin, M. Vorokhta, I. Khalakhan, I. Milošević, W. Huang, and S. Ptasinska, “Effects of ambient humidity on composite graphene-thymine and graphene-lipid thin films as a platform for molecular sensing”, 20th International Conferences on Nanosciences and Nanotechnologies, NN23, 4-7. July 2023, Thessaloniki, Greece
- Jasna Vujin and Radmila Panajotović, “Spectroscopic insight into the structure of biomolecule-2D-material thin films”, 12th Photonics Workshop: Kopaonik, March 10 – 14, 2019;

4. Приказ елемената за квантитативну оцену научног доприноса

Квантитативни приказ резултата остварених након претходног предлога за избор у звање

Категорија рада	Бодови према категорији	Број радова	Укупан број бодова	Нормирани број бодова (на седам аутора)
M21	8	2	16	14.68
M22	5	3	15	13.57
M32	1.5	1	1.5	1.5
M34	0.5	5	2.5	2.5
Укупно бодова			35	32.25

Квантитативни услови за звање Научни сарадник	Минимални услов	Остварено пре нормирања	Остварено после нормирања
Укупно	16	35	32.25
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	10	32.5	29.75
M11+M12+M21+M22+M23	6	31	28.25

5. Закључак

Комисија је извршила анализу приложеног материјала који описује научну активност и допринос кандидата, Др Радмиле Панајотовић, и закључила да Др Радмила Панајотовић има дугогодишње научно искуство у домаћим (Институт за физику, Београд) и међународним (Француска, Аустралија, Канада, Велика Британија) научним лабораторијама у којима је произвела научне резултате високог научног нивоа и високе цитираности – аутор је 27 радова у међународним часописима са Sci листе који су цитирани више од 600 пута (без аутоцитата, h-индекс=15, према Scopus - 1993-2023), од којих двадесет у изузетним и врхунским и четири у истакнутим међународним часописима, као и великог броја конференцијских контрибуција и бројних предавања. Током своје каријере била је ко-ментор у изради дипломског и два докторска рада, од чега једног током свог пост-докторског усавршавања у иностранству, а другог у Институту за физику, у Београду. У највећем броју радова, Др Панајотовић је први аутор или истакнути коаутор, што говори у прилог високој ангажованости на пројектима на којима је радила. Од стицања доктората и претходног избора у звање, проширила је своје поље истраживања од електронске спектроскопије атома, преко електронске

спектроскопије молекула у гасној фази, на поље био-молекула и ефеката високо-јонизујућег зрачења на мете у кондензованој фази и био-наноматеријала, чиме је показала иницијативу и спремност на освајање нових знања и способност стицања компетентности у новим областима. Такође је покренула нови правац истраживања, као и нове колаборације у земљи и иностранству. Значајан број позивних предавања, уз освојене конкурсе за средства истраживања и организација и учешћа на конференцијама, као и ангажованост у својству рецензента радова у истакнутим међународним часописима и престижних међународних пројеката Хоризонт 2020, „FET-RIA Pathfinder“, и „P4F-Marie Curie“, такође показују да је Др Р. Панајотовић остварила релевантан допринос међународној научној заједници и да је призната као експерт у својој области истраживања. На пољу педагошког рада и руковођења изработом докторских дисертација, Др Р. Панајотовић је била и јесте ангажована у више наврата, на нивоу основних и после-дипломских студија, кроз предавања и менторство израде докторске тезе. Такође је допринела развоју науке у Србији кроз организовање научних скупова.

Кроз поређење минималних и остварених квантитативних захтева за звање **научни сарадник**, закључили смо да Др Радмила Панајотовић по свом доприносу, према Правилнику о стицању истраживачких и научних звања (*"Sl. glasnik RS", br. 159/2020 i 14/2023*) задовољава и квантитативне и квалитативне захтеве тог звања, те стога препоручујемо да јој се то звање додели.

У Београду
27. 12. 2023. године

Чланови Комисије:



Др Ивана Милошевић
Научни сарадник,
Руководилац Лабораторије за 2Д
материјале,
Институт за физику, Београд



Др Јелена Пешић
Виши научни сарадник
Институт за физику, Београд



проф. Др Сунчица Елезовић-Хаџић
Редовни професор Физичког факултета
Универзитета у Београду