

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Дејана М. Ђокића у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 07. марта 2023. године именовани смо у комисију за избор др Дејана М. Ђокића у звање виши 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.



Број 0301-443/1

Датум 05. 04. 2023

1 Стручно-биографски подаци

Дејан М. Ђокић је рођен 07. фебруара. 1980. године у Ваљеву, где је завршио основну школу и гимназију. Био је учесник бројних средњошколских такмичења из физике и математике освојивши многобројне награде на државним нивоима. Дипломирао је 2004. године на Физичком факултету Универзитета у Београду, на смеру Теоријска и експериментална физика, са радом под називом „Високо температурске поправке у теорији Фермијеве течности нуклеарног модела течне капи” и просечном оценом 9.63. Током студија је добио награду и стипендију фонда Студеница за 2004. годину.

Магистрирао је на Физичком факултету Универзитета у Београду, на смеру Физика кондензованог стања материје. Почетком 2005. године се запослио у Центру за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику у Београду, где је под руководством академика Проф. др Зорана Поповића био ангажован на пројекту Физика нискодимензионих наноструктура и материјала. Бавио се експерименталним и теоријским истраживањем спектроскопије чврстих тела. Магистарске студије завршава 2008. године са дисертацијом „Утицај спинских корелација антиферромагнетно уређене фазе на инфрацрвене спектре α - $MnSe$ ”.

Докторирао је на Федералном политехничком институту у Лозани (ЕПФЛ) у Швајцарској. Истраживао је широк спектар тема у области електрон спинске резонанце нискодимензионих структура, укључујући јако корелисане органске проводнике и суперпроводнике, молекуларне магнете и мултифероичне материјале. Докторску тезу под насловом „Electron Spin Resonance of Novel Materials” је урадио под руководством Проф. др Ласла Фора, иностраног члана Српске академије наука и уметности. Током ангажмана на ЕПФЛ-у, кандидат је радио са студентима основних и пост-дипломских студија физике, медицине, и науке о материјалима. Диплома докторских студија је нострификована одлуком број 612-01-00057/2016-0 Министарства просвете науке и технолошког развоја.

После доктората, придружује се Лабораторији за примењене суперпроводне танке филмове при Универзитету у Женеви (University of Geneva - UNIGE) где је у сарадњи са Проф. др Мишел Декруом сарађивао са индустријским партнером АББ из Бадена у Швајцарској. Поред рада на истраживању и развоју струјних граничника високих снага, радио је као предавач на курсу опште физике. Априла 2015. године запошљава се у Лабораторији за нанобиотехнологију на Институту хемијских наука и инжењерства на ЕПФЛ-у у Лозани, где је радио у области синтезе и спектроскопије функционализованих карбонских нанотуба као биомедицинских сензора и на нумеричким прорачунима квантне ефикасности флуоресцентних и биокомпатибилних наноматеријала на бази нанотуба.

Тренутно ради као научни сарадник на Институту за физику у Београду у Лабораторији за

наноструктуре. Испитивања електричног транспорта и магнетних особина наноструктура путем неинванзивних спектроскопских метода су у фокусу његових тренутних истраживања. У исто време промовише физику кроз наставу као спољни сарадник у Математичкој гимназији у Београду.

2 Преглед научне активности

Др Дејан М. Ђокић је у свом раду показао ретку способност решавања научних проблема истовременим коришћењем експерименталних и теоријских метода. Добио је значајне резултате који унапређују познавање интеракција у материјалима и који демонстрирају утицај структуре на нанометарској скали на њихове особине. Захваљујући познавању детаља процеса у испитиваним системима, проширио је област применљивости спектроскопских метода на мерења нових физичких величина и мерења нових материјала.

Истраживачки рад др Дејана М. Ђокића се до сада одвијао у оквиру различитих области физике кондензованог стања материје и везан је како за основна тако и за примењена истраживања. Ту спадају теоријска и експериментална истраживања наноструктура, корелисаних нискодимензионих система, као и магнетних и мултифероичних наноматеријала. Користи низ емпиријских анализа и теоријских модела Раман и инфрацрвене спектроскопије, магнетне резонанце и магнетометрије. Са теоријске и нумеричке стране, радио је на техникама квантне теорије поља многочестичних система као и нумеричким израчунавањима заснованим на методу коначних елемената. По експерименталним методама, кандидатов рад се може поделити на Раманску, инфрацрвену и електронску спинску резонантну спектроскопију.

Сва истраживања кандидата се баве спектроскопијом корелисаних или наноструктурираних материјала, али не постоји јасна подела публикација на теме ни по изучаваном материјалу ни по коришћеном методу. Обе класе проучаваних материјала показују комплексну зависност особина спектра од уређености електрона и јона који га чине. Комплексност ове зависности изискује релативно прецизно моделовање одзива система на спектроскопску побуду и утицаја уређења, нечистоћа и димензија узорка на динамику релевантних степена слободе.

У наредним пододељцима је рад кандидата приказан кроз теме изабраних радова.

2.1 Спин-фонон интеракција у антиферомагнетном $\alpha - \text{MnSe}$

Раман спектроскопија $\alpha - \text{MnSe}$ не детектује оптичке фононе у складу са теоријским предвиђањима, изузев магнонског мода у антиферомагнетној фази. С друге стране, симетријска правила предвиђају постојање једног инфрацрвеног оптички активног фононског осцилатора F_{1u} у парамагнетној и антиферомагнетној фази. Хлађењем се очекује пораст (тзв. отврдњавање) у фононским енергијама на основу модела који уводи анхармонијске ефекте, као што је фонон-фононска интеракција. У случају $\alpha - \text{MnSe}$ примећено је додатно отврдњавање два мода испод температуре фазног прелаза које је немогуће објаснити анхармонијским ефектима који потичу од чисто фононских интеракција. Комбинујући ефекте магнон-фононске интеракције и магнетну анизотропију у оквиру формализма $1/z$ пертурбативног развоја, додатно отврдњавање се може квантитативно објаснити. Порекло магнетне анизотропије лежи у спин-орбиталном спрезању, док је магнон-фононска интеракција изведена на основу модулације Хајзенберговог модела јонским померајима током фононских

вибрација решетке. На тај начин је објашњено додатно отврдњавање фонона у антиферомагнетној фази усаглашавајући теорију са постојећим експериментом.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеног у врхунском међународном часопису:

- **Dejan M. Djokić**, Zoran V. Popović, and Filip R. Vukajlović, *Influence of Antiferromagnetic Spin Ordering on the Far-Infrared Active Optical Phonon Modes of α – MnSe*, Physical Review **B77**, 014305 (2008).

2.2 Магнето-електрично спрезање у мултифероичном оксиду Cu_2SeO_4

Материјали у којима коегзистира дугодометно магнетно и поларно уређење се називају мултифероицима. У оваквој групи материјала магнетни и електрични степени слободе су спрегнути на микроскопском нивоу, што се може искористити као основни механизам у магнетном чувању информације која би се читавала електричним путем. Кубични Cu_2SeO_4 је мултифероик са фрустрираном магнетном интеракцијом која формира феримагнетно стање испод 57 К. Магнето-електрично спрезање у овом систему потиче од анхармонијске спин-фононске интеракције. Ово спрезање је праћено преко резонантног одзива спинских таласа, користећи нову резонантну технику засновану на *lock – in* модулацији електричним пољем. Стандардна парамагнетно резонантна мерења се изводе користећи модулације магнетним пољима, али је у случају мултифероика предност у томе што се могу користити електрична поља. На тај начин развијена је нова експериментална метода којом се могу изучавати мултифероици резонантним техникама.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада:

- Alexander Maisuradze, Alexander Shengelaya, Helmuth Berger, **Dejan M. Djokić**, and Hugo Keller, *Magnetolectric Coupling in Single Crystal Cu_2OSeO_3 Studied by a Novel Electron Spin Resonance Technique*, Physical Review Letters **108**, 247211 (2012).

2.3 Пропагација нормалне зоне у суперпроводним YBCO танким филмовима

У сребром пресвученим суперпроводним струјним граничницима, заснованим на YBCO ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$) танким филмовима, прерасподела топлоте након појављивања топлотног фронта представља проблем. Зато би унапређење термалне проводности супстрата као и подешавање геометрије суперпроводника побољшало уређај. Један предлог решења је изолована вишеслојна супстратна структура која садржи неколико микрона бакра депонованог на 100 μm масивног супстрата кварцног стакла. Са друге стране, контаминација суперпроводника бакарном је спречена заштитним електрично изолујућим слојем MgO. Предложена конфигурација суперпроводника је меандарског типа чиме је отворен нови латерални канал за пропагацију топлотног фронта. Предложени теоријски модел за ову структуру се показао сасвим прецизан на основу поређења са експерименталним резултатима за танке филмове депоноване на сафиру и хастелоју. Испитивана је и термодинамичка стабилност суперпроводног танког филма у случају субмикронске варијације дебљине бакарног слоја. Установљено је да 1 μm бакра представља, са једне стране, максимум дебљине неопходан за кристализацију, док са друге стране, представља неопходан минимум за термодинамичку стабилност.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеном у изузетном међународном часопису:

- Dejan M. Djokić, Louis Antognazza, and Michel Decroux, *Finite Element Method Simulation Study of Heat Propagation in a Novel YBCO-Based Coated Conductor for Resistive Fault Current Limiters*, International Journal of Thermal Sciences **111**, 160 (2017).

2.4 Електрична отпорност BiFeO_3 наночестица индиректно мере- на путем Раман спектроскопије

Мултифероични наноматеријали показују феромагнетно, фероелектрично и фероеластично уређење и у комбинацији са транспортним особинама могу унапредити спинтроничне уређаја ниске потрошње. Наночестице бизмут ферита, BiFeO_3 су потенцијални кандидат за ове примене. Њих одликују два транспортна режима услед прелаза од нискотемпературске антиферомагнетне ка високотемпературској парамагнетној фази. У оба режима носиоци наелектрисања прескачу између локализованих стања, тзв. variable range hopping (VRH). Проводност у функцији температуре је мерена неинванзивно уз помоћ Раман спектроскопије на основу широког сигнала у позадини фононских спектра, што је интринично проводним системима. На ниским температурама је утврђено да је температурска зависност индиректно процењене електричне отпорности у складу са VRH механизмом. Процењена бројна вредност електричне отпорности од око $0.35 \Omega\text{cm}$ нарушава Мот Јофе Регел критеријум, што указује да се електрични транспорт не одвија кроз проводне зоне, чак ни на високим температурама. Предност ове методе се састоји у томе што се транспортне особине наноструктурних материјала могу пратити и процењивати бесконтактно. Ово је од значаја за развој нанотехнолошке металургије и њених сродних грана.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеног у међународном часопису изузетне вредности:

- Dejan M. Djokić, Bojan Stojadinović, Dimitrije Stepanenko, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Probing Charge Carrier Transport Regimes in BiFeO_3 Nanoparticles by Raman Spectroscopy*, Scripta Materialia **181**, 6 (2020).

2.5 Универзално понашање профила спектралне линије магнетне резонанце у проводним системима

Прва пионирска разматрања асиметричности спектралног профила магнетне резонанце у проводним системима је започео Freeman Dyson у својој студији *Electron Spin Resonance Absorption in Metals. II. Theory of Electron Diffusion and the Skin Effect*, Physical Review **98**, 349 (1955). У њој се кроз грубе нумеричке процене наговестило постојање количника асиметрије A/B , који у случају екстремно проводних материјала тежи константи. Преко матрице густине делокализоване честице спина $1/2$, изведен је општи облик профила спектралне линије електрон спинске резонанце (ESR) у случају проводних система. Овом методом је могуће систематизовати кључне тачке, сегменте, и коефицијенте праваца укупног резонантног сигнала. Резултат представља алтернативни метод усаглашавања профилне функције са експерименталним подацима у неколико једноставних корака за процену релевантних ESR параметара, попут времена спинске релаксације, броја активних спинова, јачине спин-орбит интеракције и електричне проводности. Испитивањем различитих геометрија проводника се

изводи универзална вредност количника асиметрије $A/B \rightarrow (5 + 3\sqrt{3})/4$. Ова вредност се углавном процењивала само нумерички или експериментално мерила као 2.55 лимит, без теоријског извођења.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеног у врхунском међународном часопису:

- Dejan M. Djokić, Dimitrije Stepanenko, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Extreme Conduction Electron Spin Resonance: $A/B \rightarrow (5 + 3\sqrt{3})/4$, the Universal Limit of Lineshape Asymmetry Ratio*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **491**, 165616 (2019).

2.6 Спин-фонон интеракција у нанокристалном BiFeO_3

Антиферромагнетно уређење на собној температури код ових наноматеријала по загревању прелази у парамагнетну фазу на температури T_N , што се може пратити кроз температурску зависност двофононских Раманових спектра. Двофононски модови показују аномално отврдњавање у сопственој фреквенцији праћено одступањем од стандардног анхармонијског распада фонона испод T_N . Такво понашање снажно указује на постојање спин-фонон интеракције, јер је познато да су ови модови веома осетљиви на антиферромагнетно уређење. Брилуенова функција која фигурише у магнетизацији подрешетке је нормирана у оквиру теорије средњег спинског поља и даље је инкорпорирана у спрезање између јонске решетке (фонони) и магнетног уређења (магнони). Енергије фонона који отврдњавају у антиферромагнетној фази су усаглашене са моделом који укључује минимални број фитујућих параметара са пуним физичким значењем на микроскопском нивоу.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеног у врхунском међународном часопису:

- Bojan Stojadinović, Dejan M. Djokić, Novica Paunović, Ivica Živković, Luka Ćirić, Vladan Kusigerski, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Unveiling the Spin-Phonon Coupling in Nanocrystalline BiFeO_3 by Resonant Two-Phonon Raman Active Modes*, Materials Science & Engineering **B274**, 115444 (2021).

2.7 Пригушења фононских мода инфрацрвених спектра нанокристалног спинела MgFe_2O_4

Ферити спинелног типа све више постају важни за технолошке и индустријске примене услед стехиометријске подесивости и фотостабилности. Посебну пажњу истраживача привлаче магнетна својства наночестица спинелног ферита на бази магнезијума, MgFe_2O_4 , чија се потенцијална примена огледа у ферофлуидима и контрастним материјалима за магнетну резонанцу. Инфрацрвени спектри у рефлектујућем моду делимично инверзног нанокристалног MgFe_2O_4 спинела на собној температури указују на постојање четири инфрацрвена фононска мода карактеристична за кристалне спинеле уз присутност слободних носилаца чије се колективно понашање манифестује кроз плазмонски мод. Плазмон се јако спреже са лонгитудиналним фононима, што је могуће анализирати коришћењем факторизованих спрегнутих и распрегнутих плазмон-фононских модела, у комбинацији са Бругемановом апроксимацијом ефективне средине. На основу анализе инфрацрвених спектра се закључује да фононска пригушења имају тенденцију да опадају са повећањем температуре синтеровања. Такво понашање је последица раста нанокристалита, смањења њихових пора и

мањег утицаја граница зрна. Све ово доводи до ређих расејања фонона на несвршеностима нанокристалита, што се рефлектује на продужено време живота фонона, тј. бољу фононску дефинисаност и редуковано фононско пригушење.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеном у врхунском међународном часопису:

- Novica Paunović, Zorana Dohčević-Mitrović, **Dejan M. Djokić**, Sonja Aškrabić, Saša Lazović, Ann Rose Abraham, Balakrishnan Raneesh, Nandakumar Kalarikkal, and Sabu Thomas, *Revealing Plasmon-Phonon Interaction in Nanocrystalline MgFe₂O₄ Spinels by Far-Infrared Reflection Spectroscopy*, Materials Science in Semiconductor Processing **1491**, 106889 (2022).

2.8 Суво трење у присуству Кориолисове силе

Обрађивање сложених феномена на општим курсевима физике и на курсевима намењеним обдареним ученицима је захтеван задатак за предаваче и истраживаче у области методике наставе у физици. Један од таквих феномена је Кориолисова сила, а њено извођење се може добити применом II Њутновог закона на равномерно ротационо кретања се варијабилним моментом инерције у аналогији са равномерним праволинијским кретањем материјалне тачке променљиве масе. У случају ненултот коефицијента сувог трења присутног у оваквим системима, може се елементарним путем показати да оно постаје зависно од релативне брзине, те тако ефективно преузима улогу вискозног трења у ламинарним флуидима ($\propto v_{\text{rel}}$), иако суштински оно то није. Овакав ефекат камуфлаже сувог трења се може тестирати увођењем идеалних еластичних сила које доводе до пригушеног осцилаторног кретања, што је опсервабилно.

Резултати наведеног истраживања су приказани у оквиру рада објављеном у међународном часопису:

- **Dejan M. Djokić**, *Dry Friction Camouflaged in Viscous Drag*, The Physics Teacher **58**, 340 (2020).

3 Елементи за квалитативну оцену научног доприноса

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Дејан М. Ђокић је аутор 18 радова у међународним часописима са листе [ISI Web of Knowledge](#), као и 2 поглавља у књигама. У часописима категорије M21a кандидат је објавио 4 рада, затим 9 радова категорије M21, 3 рада категорије M22, и 2 рада категорије M23. На међународним конференцијама имао је 1 предавање по позиву (M32), а објавио је 1 рад у целини (M33) и 10 радова у изводима (M34). Објавио је и један рад у националном часопису категорије M52, као и један рад у изводу на националној конференцији (M64) са једним позивним предавањем (M62). При изради ових публикација кандидат је учествовао у формулацији проблема и осмишљавању и реализацији експерименталних мерења, извођењу нумеричких симулација и разрађивању теоријских модела, као и у тумачењу резултата и писању објављених радова.

У периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања, кандидат је објавио 6 радова у међународним часописима са [ISI Web of Knowledge](#) листе, од тога 1 рад у часописима категорије M21a, 3 рада у часописима категорије M21, 1 рад у часопису категорије M22, као и 1 рад у часопису категорије M23. Кандидат је објавио и 2 поглавља (M13) у књигама и имао је 2 позивна предавања штампана у изводу: 1 са међународног скупа (M32) и 1 са националног скупа (M62).

Пет публикација у којима је кандидат имао водећи допринос су:

- [1] [Dejan M. Djokić, Bojan Stojadinović, Dimitrije Stepanenko, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Probing Charge Carrier Transport Regimes in BiFeO₃ Nanoparticles by Raman Spectroscopy*, Scripta Materialia **181**, 6 \(2020\) \(M21a\).](#)
- [2] [Dejan M. Djokić, Dimitrije Stepanenko, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Extreme Conduction Electron Spin Resonance: \$A/B \rightarrow \(5 + 3\sqrt{3}\)/4\$, the Universal Limit of Lineshape Asymmetry Ratio*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials **491**, 165616 \(2019\) \(M21\).](#)
- [3] [Dejan M. Djokić, Novica Paunović, Bojan Stojadinović, Dimitrije Stepanenko, Saša Lazović, and Zorana Dohčević-Mitrović, *Transport Properties of Nanoscopic Solids as Probed by Spectroscopic Techniques*, Chapter 2 in *Fundamentals and Properties of Multifunctional Nanomaterials – Micro and Nano Technologies*, published in Elsevier \(2021\) \(M13\).](#)
- [4] [Dejan M. Djokić, *Dry Friction Camouflaged in Viscous Drag*, The Physics Teacher **58**, 340 \(2020\) \(M23\).](#)
- [5] [Dejan M. Djokić, *Quantum Yield Computation in Polymer Wrapped Carbon Nanotubes*, 3rd International Meeting on Materials Science for Energy Related Applications, Belgrade \(2018\) \(M32\)](#)

У првој публикацији, (doi.org/10.1016/j.scriptamat.2020.02.008), теоријско-експерименталне садржине, су мерена, проучавана, и анализирана два транспортна режима код мултифероичних наночестица BiFeO₃ услед прелаза од нискотемпературске антиферомагнетне ка високотемпературској парамагнетној фази. Оба режима су праћена себи својственим механизмима електричне проводности у којима носиоци наелектрисања прескачу између локализованих стања, тзв. *variable range hopping* (VRH). Проводност у функцији температуре је мерена неинванзивно уз помоћ Раман спектроскопије на основу широког сигнала у позадини фононских спектра, што је интринично проводним системима. На ниским температурама је утврђено да је температурска зависност индиректно процењене електричне отпорности у складу са VRH механизмом који укључује присуство Кулонових корелација (Ефрос-Шкловски модел). На високим температурама, подаци се добро слажу са Мотовом VRH теоријом. Процењена је бројна вредност електричне отпорности од око 0.35 Ωcm, која нарушава Мот Јофе Регел критеријум. Ово нарушење указује да се електрични транспорт не одвија кроз проводне зоне, чак ни на високим температурама. Предност ове методе се састоји у томе што се транспортне особине наноструктурних материјала могу пратити и процењивати бесконтактно, што је од посебног значаја за развој нанотехнолошке металургије и њених сродних грана. У овом раду, кандидат је предложио метод анализе резултата и интерпретацију која се ослања на несатанак проводности електронима у проводној зони код наночестица.

У другој публикацији, (doi.org/10.1016/j.jmmm.2019.165616), теоријског карактера, преко матрице густине делокализоване честице спина 1/2 изведен је општи облик профила спектралне линије електрон спинске резонанце (ESR) у случају проводних система. Анализиране

су и систематизоване кључне тачке, сегменти, и коефицијенти праваца укупног резонантног сигнала. Формулисан је алтернативни метод усаглашавања профилне функције са експерименталним подацима којим се процењују релевантни ESR параметара, укључујући време спинске релаксације, број ефективно активних спинова, јачину спин-орбит интеракције, као и електричну проводност. Анализиран је и случај електрон спинске резонанце јако проводних система различитих геометрија. Изведена је универзална вредност количника асиметрије $A/B \rightarrow (5 + 3\sqrt{3})/4$ у затвореном аналитичком облику која је до сада оцењивана само нумерички или је експериментално мерена као 2.55 лимит, без теоријског извођења. Прва пионирска разматрања овог лимита је иницирао чувени *Freeman Dyson* у својој студији *Electron Spin Resonance Absorption in Metals. II. Theory of Electron Diffusion and the Skin Effect*, *Physical Review* **98**, 349 (1955), у којој се кроз грубе нумеричке процене наговестило о постојању количника асиметрије A/B . У овом раду, кандидат је поставио проблем, уочио независност вредност лимита асиметрије од облика, извео ефекте на облик спектралне линије, писао и организовао рад.

У трећој публикацији (doi.org/10.1016/B978-0-12-822352-9.00009-2), тј. поглављу у књизи (M11), дат је преглед једне фамилије наноструктурних и ултрамикроскопских материјала у којима геометрија и димензије имају важан утицај на транспортна својства. Услед потреба молекуларне електронике и спинтронике за производњом минијатурних електричних кола, степен инванзивности техника којима се директно испитују транспортне особине наноматеријала игра круцијалну улогу. Наночестице са електрично проводним својствима, димензија које су упоредиве са светлосном таласном дужином и/или дубином продирања електромагнетног зрачења које се користи у спектроскопији, спадају у породицу наноскопских материја које се могу карактерисати неинвазивно, као што су високо апликабилне мултифероичне BiFeO_3 наночестице и угљеничне нанотубе са изванредним проводним својствима. У овом прегледном чланку, анализирана су индиректно мерена транспортна својства ових нових мултифункционалних наноматеријала у светлу бесконтактних спектроскопских метода које укључују три експерименталне технике: Раманово расејање, инфрацрвену спектроскопију, и електрон спинску резонанцу. Посебна пажња је посвећена моделовању и теоријској позадини како би се разумела веза између високо информативних спектроскопских података и електричне проводности.

Четврта публикација (doi.org/10.1119/1.5145531), је педагошки приказ феномена Кориолисове силе, фиктивне инерцијалне силе која се јавља код кружног кретања, а обрађује се на општим курсевима физике као и на напредним нивоима физике намењеним обдареним ученицима математичких гимназија, што уме да буде захтеван задатак за предаваче и истраживаче у области методике наставе у физици. Њено извођење се може добити применом II Њутновог закона на равномерно ротационо кретања се варијабилним моментом инерције у аналогiji са равномерно правoliniјским кретањем материјалне тачке са променљивом масом. У случају ненулног коефицијента сувог трења присутног у оваквим системима се може једноставним путем показати да оно постаје зависно од релативне брзине, те тако ефективно преузима улогу вискозног трења које се манифестује у реалним ламинарним флуидима ($\propto v_{\text{rel}}$), иако суштински оно то није. Овакав ефекат „*камуфлаже*” сувог трења се може тестирати увођењем идеалних еластичних сила које све скупа доводе до пригушеног осцилаторног кретања, што је опсервабилно.

У петој публикацији, позивном предавању, је представљено моделовање квантног приноса функционализованих карбонских нанотуба које представљају значајан наноструктуриран материјал. Полупроводне нанотубе су од посебног интереса за истраживања у биомедицинским наукама услед њихових својстава да апсорбовану видљиву светлост емитују у блиско инфрацрвеном делу спектра. У том смислу оне могу послужити као оптички биосензори, јер

су биолошка ткива транспарентна у овом делу спектра. Употребом биолошких полимера, нанотубе постају потпуно раздвојене, а обмотавање полимерима нековалентно функционализује слободну површину нанотуба што у доброј мери побољшава њихова оптичка својства. Посебна пажња се посвећује процени квантног приноса који представља однос интензитета емитоване и апсорбоване светлости. У случају полупроводних нанотуба обмотаних ДНК ланцима врло мало се зна о понашању квантног приноса са променом типа полимера и његовог обмотавајућег угла. У овом позивном предавању је дат преглед нумеричких модела заснованих на дифузној динамици ексцитона. Ексцитони се могу третирати на два начина: као тачкасти и као делокализовани објекти на собној температури, а у оба случаја прате дводимензиони насумични ход (*random walk*) на површини нанотубе. Канали кроз које се одвијају нерадијативни ексцитонски распади се формирају услед вибрација кристалне решетке нанотуба, дефеката, несавршености и др. Испоставља се да су модели овог типа у стању да предвиде јаку зависност квантног приноса од својстава полимера, попут обмотавајућег угла, дебљине и типа полимера, степена функционализације и др.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према [ISI Web of Knowledge](#) бази укупан број цитата радова кандидата на дан 17.03.2023. године је $146 = 139 + 7$, тј. редом 95.21% хетероцитата и 4.79% аутоцитата. На основу исте базе *h*-индекс кандидата је 6.

3.1.3 Параметри квалитета часописа

Битан елемент за процену квалитета научних резултата је и квалитет часописа у којима су радови објављени, односно њихов импакт фактор (IF). У периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања (научни сарадник), а у категорији M21a, M21, M22, и M23, кандидат је објавио радове у следећим часописима:

- 1 рад у *Scripta Materialia* (IF = 6.291)
- 1 рад у *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* (IF = 2.828)
- 1 рад у *Materials Science & Engineering B* (IF = 4.283)
- 1 рад у *Materials Science in Semiconductor Processing* (IF = 3.866)
- 1 рад у *Processing and Application of Ceramics* (IF = 1.815)
- 1 рад у *The Physics Teacher* (IF = 0.727)

Укупан фактор утицаја радова кандидата је 56.380, од тога 19.810 у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања (научни сарадник). Часописи у којима је кандидат објављивао свеукупно до сада су по свом угледу веома цењени у областима којима припадају. Међу њима се посебно издвајају: *Physical Review Letters*, *Journal of Physical Chemistry C*, *International Journal of Thermal Sciences*, *Scripta Materialia*.

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидат објављивао радове је дат у следећој табели. Она садржи импакт факторе (IF) радова, M поене радова

по српској категоризацији научно-истраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (SNIP). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања (научни сарадник).

	IF	M	SNIP
Укупно	19.810	42	6.265
Усредњено по чланку	3.302	7	1.044
Усредњено по аутору	4.472	10.754	2.124

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

У досадашњем раду, кандидат је своје истраживачке делатности у земљи реализовао на Институту за физику у Београду, а ван земље на *Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL)* и Универзитету у Женеви *University of Geneva (UNIGE)* у Швајцарској. Кандидат одржава међународну сарадњу у области квантног магнетизма, магнетометрије, и електрон спинске резонанце са истраживачима лабораторије *Laboratory for Quantum Magnetism* на *EPFL*-у у Швајцарској, као и сарадњу у области синтезе и карактеризације мултифункционалних наноматеријала и нанокмпозита са истраживачима лабораторије *Advanced Materials Laboratory, School of Pure and Applied Physics, Mahatma Gandhi University, Kottayam* у Индији. Ове две сарадње на међународном нивоу се огледају у заједничким публикацијама објављеним у врхунским међународним часописима (M21).

У радовима који су објављени у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања научни сарадник, кандидат је водећи аутор 5 публикација (3 рада, 1 поглавље у књизи, једно предавање на међународној конференцији). При изради ових публикација кандидат је учествовао у формулацији проблема и иницијацији истраживања, развоју метода и емпиријској анализи података, конструкцији и нумеричким прорачунима теоријских модела, обради и анализи података добијених одговарајућим методама карактеризације, моделовању спектра, као и у финалном писању. У осталим публикацијама, кандидат је дао значајан, тј. кључни допринос сваком раду на коме је учествовао.

3.1.5 Елементи применљивости научних резултата

Истраживања кандидата су претежно у области физике кондензованог стања материје, са посебним освртом на бесконтактне технике оптичке спектроскопије, попут електрон спинске резонанце и Раманове спектроскопије, код којих се неинванзивним путем могу индиректно испитати транспортне особине и структура система на наноскалама. Транспортна мерења наноматеријала конвенционалним техникама су отежана услед интерферирајућих контаката. У том смислу, резултати радова кандидата имају велики утицај на праћење и процењивање транспортних особина наноструктурних материјала бесконтактно, што је од посебног значаја за развој нанотехнолошке металургије, модерног металуршког инжењерства, као и сродних дисциплина које по садржају припадају и доприносе примењеној физици кондензованог стања материје. Поред овог кандидат се бави и истраживањима у пољу магнетометрије перспективних мултифероичних наноматеријала чија се практична примена у наноелектроници и спинтроници огледа у постојању магнетоелектричног ефекта, који је користан за контролу магнетног поља електричним, као и обратно.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Од 2022. године др Дејан М. Ђокић је наставник на предмету „Физика *шанких слојева*” на студијском програму физике кондензоване материје и статистичке физике докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду. Такође је ангажован у настави физике као спољњи сарадник у Математичкој гимназији од 2020. године. Током пандемије учествовао у избору екипе и припремама, као и у медијацији, Европске физичке олимпијаде (EuPhO) која је на даљину организована на Институту за физику у Београду 2020. године. Тада је тим наше земље први пут учествовао на овом такмичењу ученика средњих школа. Кандидат је учествовао у раду Државне комисије за такмичења из физике за ученике средњих школа у Друштву физичара Србије као аутор и рецензент задатака (2018/2019). Посвећен је популаризацији науке и педагошко-менторском раду, а учествовао је у семинарима Истраживачке станице Петница.

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената, и техничких решења

Кандидат је објавио 6 радова М20 категорије и 2 поглавља у књизи у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања (научни сарадник), од чега својом пуном тежином у број М бодова доприносе 2 теоријска рада (≤ 3 коаутора), 2 експериментална рада (≤ 7 коаутора), као и оба поглавља у књигама (≤ 7 коаутора), која су базирана на нумеричким симулацијама и експерименталним резултатима. Укупан број М бодова које носе ових 6 публикација износи 43. Рад класификован као експериментални из категорије М21 има 9 коаутора, стога број нормираних поена које носи 5.71. Рад класификован као експериментални из категорије М22 има 9 коаутора, стога број нормираних поена које носи је 3.57. Укупан број М бодова које носе ове 2 публикације, а на које се примењују правила о нормирању, износи 9.28. Свеукупно, укључујући и два позивна предавања (М32 и М62), број бодова кандидата на основу свих категорија публикација пре нормирања износи 58.50, а након нормирања 54.78 што чини 93.64%. Умањени бодови услед нормирања учествују са мање од 10% у укупном броју ненормираних бодова.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима, и пројектним задацима

Кандидат ради у Лабораторији за наноструктуре Института за физику у Београду, ангажован на националном пројекту Министарства просвете, науке, и технолошког развоја Републике Србије, под насловом *Physics of Nano-Structured Oxide Materials and Strongly-Correlated Systems* (ОИ 171032), видети захвалнице у радовима из периода од 2018-2020. *Probing Charge Carrier Transport Regimes in BiFeO₃ Nanoparticles by Raman Spectroscopy & Extreme Conduction Electron Spin Resonance: $A/B \rightarrow (5 + 3\sqrt{3})/4$, the Universal Limit of Lineshape Asymmetry Ratio.*

Кандидат је руководио пројектом: „*Multiferroic Perovskite-Based Nanostructures for EMI Shielding and Photovoltaic Applications*” у оквиру програма билатералне научне и технолошке сарадње Републике Србије и Републике Индије, у периоду од 2022. до 2023. године.

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Као секретар секције *Physics Education, History, and Philosophy of Physics*, на међународној конференцији, *11th International Conference of the Balkan Physical Union*, одржаној у Београду 2022. године, кандидат је узео учешће у координацији унутар међународног научног комитета, а тренутно (2022/2023) је један од гостујућих уредника у пратећем зборнику радова са ове конференције, у часопису: *BPU11 Proceedings of Science*. Као доказ о чланству у међународном научном комитету приложен је испис из књиге апстраката.

3.5.1 Рецензије научних радова

Од момента избора у претходно звање кандидат је био рецензент у укупно 4 рада, од тога 1 у часопису *Journal of Raman Spectroscopy*, 2 у часопису *Journal of Alloys and Compounds*, и 1 у часопису *The Physics Teacher*. Као доказ у прилогу су захвалнице за реферисање радова у овим часописима.

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

Кандидат је значајано допринео сваком раду на којем је учествовао. Шест радова у часописима, два поглавља у књигама, и два предавања по позиву у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања научни сарадник су реализовани на Институту за физику у Београду. У овим публикацијама кандидат је у сарадњи са коауторима дефинисао проблем, осмислио методе истраживања, учествовао у сакупљању података, њиховој емпиријској анализи и моделовању, интерпретирао резултате, писао и комуницирао са рецензентима.

На Институту за физику у Београду кандидат је зачетник новог правца истраживања у области физике кондензованог стања материје, са посебним освртом на неинванзивне спектроскопске методе којима се бесконтактним путем утврђују транспортне особине наноструктурних система осетљивих на контактна мерења. Знања и искуства која је стекао на докторским студијама и постдокторском усавршавању у иностранству кандидат је успешно пренео сарадницима Лабораторије за наноструктуре Института за физику у Београду.

3.7 Уводна предавања на конференцијама, друга предавања, и активности

Кандидат је одржао два предавања по позиву, једно на међународној конференцији: *3rd International Meeting on Materials Science for Energy Related Applications (2018)*, а друго на домаћој конференцији: *5th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (2019)*, редом под насловима: „*Quantum Yield Computation in Polymer Wrapped Carbon Nanotubes*” и „*Variable Range Hopping Mechanism of Carrier Transport in BiFeO₃ Nano Particles Revealed via Raman Scattering Technique*”. У прилогу су документовани материјали и сертификати којима се поткрепљују докази о позивним предавањима.

4 Елементи за квантитативну оцену научног доприноса

4.1 Остварени бодови по категоријама у периоду након одлуке о стицању претходног научног звања (научни сарадник) су представљени у табели:

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова (нормирано)
M21a	10	1	10 (10)
M21	8	3	24 (21.71)
M13	7	2	14 (14)
M22	5	1	5 (3.57)
M23	3	1	3 (3)
M32	1.5	1	1.5 (1.5)
M62	1	1	1 (1)

4.2 Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање виши научни сарадник је представљено у табели:

Укупно по категоријама	Потребан број М бодова	Остварено
Σ	50	58.50-3.72= 54.78
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	40	57.50-3.72= 53.78
M11+M12+M21+M22+M23	30	42.00-3.72= 38.28

Према [ISI Web of Knowledge](#) бази укупан број цитата радова кандидата на дан 17.03.2023. године је $146 = 139 + 7$, тј. редом 95.21% хетероцитата и 4.79% аутоцитата. На основу исте базе h -индекс кандидата је 6.

Закључак

Имајући у виду квалитет резултата добијених у периоду након претходног стеченог звања научног сарадника, као и свеукупан досадашњи научни рад др Дејана М. Ђокића, број објављених публикација који премашује прописане квантитативне услове за избор у звање виши научни сарадник, закључујемо да кандидат испуњава све квантитативне и квалитативне захтеве за избор у научно звање виши научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије.

Због тога нам је изузетно задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да усвоји овај извештај и да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Дејана М. Ђокића у звање виши научни сарадник.

У Београду, 29. марта 2023. године

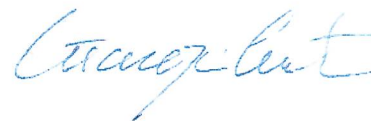
Чланови комисије:



др Димитрије Степаненко
виши научни сарадник, Институт за физику у Београду



др Дарко Танасковић
научни саветник, Институт за физику у Београду



Проф. др Ђорђе Спасојевић
редовни професор, Физички факултет Универзитета у Београду