

# Научном већу Института за физику у Београду

## Извештај комисије за избор др Слободана Тодосијевића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 11. септембра 2018. године именовани смо у комисију за избор др Слободана Тодосијевића 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. Стручно-биографски подаци

Слободан Тодосијевић је рођен 21.5.1983. године у Новом Пазару. Завршио је Гимназију у Краљеву 2002. године. Дипломирао је 2008. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на смеру Електроника, са просечном оценом 8,31, одбравивши дипломски рад под називом „Реализација УАРТ модула са ФИФО меморијама у VHDL-у за Xilinx Spartan – 3А FPGA чип“.

Током израде дипломског рада је провео три месеца на пракси у Институту „Михајло Пупин“, а након дипломирања је радио 2009-2010. године као пројектант система у предузећу „High Tech Engineering Center“ у Београду, а затим 2010-2011. године као електро-енергетски пројектант у предузећу „Grafix“ у Београду, а 2011-2012. године као инжењер сарадник у Заводу за заваривање у Београду.

Докторске студије је уписао на Модулу за наноелектронику и фотонику Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пролећном семестру 2012. године и исте године се запослио као истраживач-приправник на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву, где је био ангажован на пројекту МПНТ Републике Србије „Развој методологија и средстава за заштиту од буке урбаних средина“. У звање истраживач сарадник је изабран 2013. године на Факултету за машинство и грађевинарство, а 2016. године је изабран у звање асистента на предметима Физика, Техничка физика и Електротехника са електроником, на истом факултету. Докторску тезу под називом „Развој фотоакустичког мерног система за термичку карактеризацију танких узорака“ одбранио је 22.12.2017. године.

Тренутно је запослен у компанији „P3 communications engineering“ у Београду као сениор инжењер за аутоматизацију тестова система информатике у аутомобилској индустрији.

Аутор је два рада у међународним часописима, десет радова на међународним конференцијама штампаним у целисти, два рада на међународним конференцијама штампаним у изводу, пет радова у домаћим часописима и једног техничког решења.

### 2. Преглед научне активности

Слободан Тодосијевић је започео свој научно-истраживачки рад на Факултету за Машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу 2012. године. Област истраживања Слободана Тодосијевића обухвата фототермичке појаве и фотоакустику, пренос топлоте кроз материјале, термичку карактеризацију материјала, као и појаву топлотне меморије у материјалима. Поред тога, кандидат је учествовао у развоју Лабораторије за акустичка испитивања Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, а био је и члан лабораторије „3Д Импулс“ на том факултету.

У оквиру фотоакустике и фототермичких појава, своје истраживање је усмерио у три правца: 1) развој система за термичку карактеризацију танких узорака, 2) одређивање брзине

преноса топлоте материјала, као и 3) одређивање нерадијативног преноса енергије кроз материјале.

Основни циљ тезе докторске дисертације кандидата био је успостављање фотоакустичког мерног система (ФАМС) који ће одређивати термичке параметре. Развој експерименталног система на принципу фотоакустике заснованог на гас-микрофонској детекцији се базира на недеструктивном испитивању термичких параметара танких узорака. Тренд минијатуризације чини овај систем савременим дајући му предност у односу на стандардне технике термичке карактеризације. Такође, не постоје комерцијално доступни системи овог типа. Још увек врло ретка, али у последње време све популарнија испитивања инсеката и биљака, која за циљ имају одређивање њихове структуре, као и оптичких и термичких параметара, стављају овакав један систем у веома добру позицију у области природне нанофотонице. Наиме, уочене структуре и особине на инсектима и биљкама се могу опонашати и применити у савременом свету.

Развијен је систем који се може применити за добијање топлотне дифузивности и коефицијента линераног ширења материјала. Теорија предвиђа и могућност одређивања трећег параметра – топлотне проводности. За добијање трећег параметра су дати предлози метода које је потребно спровести у будућности, јер је за тако нешто потребно поклапање амплитудских нивоа притиска теорије и експеримента. Међутим, мора се рећи, да иако експериментално добијени амплитудски нивои притиска одступају од теорије, поновљивост резултата система је добра, тако да је могуће извршити калибрацију. Највећи проблем представља техника постављања узорка на детекционој страни, чијом униформношћу мерења би се решио проблем поклапања амплитудских нивоа и у том случају би систем био применљив и за добијање параметра топлотне проводности материјала.

Успостављене су експерименталне методе за карактеризацију микрофона као носиоца детекционог дела система. То су методе за експериментално одређивање преносних функција ФАМС (микрофонских карактеристика) у изолованој просторији и одређивање осетљивости и излазне импедансе микрофона.

Експериментална метода управљања развијеним системом и извршавања мерења је искоришћена за добијање термичких параметара на узорцима од алуминијума, бакра, полиамида, АБС (акрилонитрил бутадиеен стирен) пластике и графита. Резултати су упоређени са литературним вредностима за поменуте материјале, а њихово слагање је показало адекватност примењених метода.

Потребно је споменути, ништа мање важне, методе које користе софтверски развијене процедуре за обраду експерименталних података у циљу слагања експеримента и теорије. Методе користе процедуре нелинеарног и линеарног фитовања из амплитудских и фазних зависности од фреквенције модулације, као и метод нормализације зависности (однос амплитудских и разлика фазних) добијених мерењем на више дебљина узорка од истог материјала или истог узорка припремљеног на више различитих дебљинама.

ФАМС углавном изводе мерења у ужем фреквенцијском опсегу 100 Hz - 1 kHz. Микрофон који се налази на детекционој страни утиче на функцију преноса са својим фреквенцијским одзивом и мерења која су се до сада спроводила су била ограничена на део микрофонске карактеристике са константном амплитудом. Проширење опсега испитивања је једино могуће са познавањем функције преноса целог система. У свом истраживању, кандидат је показао да су проширења фреквенцијског опсега у коме се поклапају експериментално добијени и обрађени подаци са теоријским, могућа уз познавање функције преноса система. Функција преноса је одређена, а експериментална метода за њено одређивање успостављена. Проширење фреквенцијског опсега, на основу теоријског модела који се ослања на апроксимативно одређена линеарна фитовања која су валидна за одговарајуће подопсеге, за циљ има већу тачност и прецизност приликом одређивања термичких параметара.

Генерализовани фотоакустички теоријски модел коришћен у истраживањима подразумева постојање топлотне меморије у материјалима. У односу на класичну теорију фотоакустике, овде се

укључује још један термички параметар, а то је време релаксације топлоте. На основу овог параметра се може прорачунати брзина просторања топлоте кроз материјале. Развој система је, једним делом, усмераван ка одређивању брзине преноса топлоте, што се огледа у модуларности и могућности да се врло лако промене и прилагоде одређене хардверске компоненте, а развијене софтверске процедуре примене.

Због аудио-опсега на који је ограничен ФАМС, могуће је одредити резонанце топлотне меморије материјала са ниским степеном структурним уређења. Због тога је испитиван велики број полиамида. Међутим, одређена поклапања теорије која примењује генерелизовани модел са експериментом су се појавила код узорака од графита и то само код амплитудских зависности од фреквенције.

Модуларност и горња граница фреквенцијског опсега мерења система, чини га првим у покушају одређивања брзине простирања топлоте.

Коначно, мерни систем који је развијен има могућност повезивања са инструментацијом за оптичке мерне технике. Развој експерименталне мерне методе која има могућност симултаног одређивања термичких и оптичких параметара даће увид у транспортне процесе у макромолекуларним наноструктурама, а самим тим и њихове примене у нанооптици и наноелектроници. Потенцијалне примене у овим областима захтевају разумевање транспортних механизма у макромолекуларним наноструктурама, а недавна теоретска истраживања указују да се топлотни транспортни механизми генерисани апсорпцијом инфрацрвене и видљиве светлости разликују. Методе које би омогућиле да се истовремено прате процеси апсорпције светлости и простирања топлоте која је апсорпцијом створена би биле основно средство истраживања у овој области.

Испитивања крилаца бубе *H. coerulea* у сарадњи са др Коларићем (*UMONS/IFB*) са применом светлосних извора који покривају опсег таласних дужина од 400 nm – 532 nm су дала одређене резултате који се огледају у различитим термичким параметрима (топлотне дифузије и коефицијента линеарног ширења) за примену различитих таласних дужина светлосних извора. То теорија за одређивање термичких параметара не предвиђа, што указује на могућност успостављања модела за одређивање нерадијативног преноса енергије кроз материјале, а то је нешто што до сада није утврђено.

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

#### 3.1 Квалитет научних резултата

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

Успостављање система за термичку карактеризацију је само по себи веома значајно, јер таквих система нема много у свету, посебно не комерцијално доступних. Испитивање је неинвазивно и могуће је испитивати узорке малих димензија. Проширење фреквенцијског опсега поклапања теорије са експериментом доприноси тачнијем и прецизнијем мерењу. Модуларност мерне технике омогућује испитивање и потенцијално детектовање топлотне меморије. Коначно, развијени инструмент омогућава симултано испитивање оптичких и термичких параметара.

Слободан Тодосијевић је последњих пет година објавио два рада у међународним часописима са ISI листе. Један рад је **категорије M22**, а други у **категорији M23**. Поред тога, објавио је седам радова са међународних скупова штампана у целини, један рад објављен у водећем часопису националног значаја и три рада у националном часопису.

Као пет најзначајнијих радова др Слободана Тодосијевића могуће је издвојити:

1. Slobodan Z. Todosijevic, Zlatan N. Soskic, Slobodanka P. Galovic, A combination of frequency photoacoustic and photoacoustic spectroscopy techniques for measurement of optical and thermal properties of macromolecular nanostructures, *Optical and Quantum Electronics*, 48, pp. 300, May 2016, DOI: 10.1007/s11082-016-0571-5, ISSN: 0306-8919, IF – 1.290.
2. S. Todosijević, Z. Šoškić, Z. Stojanović, and S. Galović. "Analysis of the Measurement System and Optimization of the Measurement Procedure for Detection of Thermal Memory Effects by Photoacoustic Experiments." *International Journal of Thermophysics* 38, no. 5 (2017): 72, doi:10.1007/s10765-017-2215-9, ISSN 0195-928X, IF – 0.946
3. Šoškić Zlatan, Galović Slobodanka, Bogojević Nebojša, Todosijević Slobodan, Static Component Of Photothermal Response In Non-Transparent Samples, *Facta Universitatis: Series Electronics and Energetics*, Vol. 25, No. 3, 213-224, (2012), ISSN: 0353-3670.
4. Slobodan Todosijević, Dejan Ćirić, Branko Radičević and Zlatan Šoškić. "Experimental characterization of a photo-acoustic measurement system." *Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection* (2017): Vol. 14, No.1, pp. 053-060, 2017, ISSN: 0354-804X.
5. Slobodan Todosijević, Dejan Ćirić and Branko Radičević. "Analysis of Experimentally Determined Transfer Function of Photoacoustic System Detection Part." *Proceedings of 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETRAN 2017, Kladovo, Serbia, June 05-08 2017, ISBN 978-86-7466-692-0, pp. AKI2.5.1-6.*

У првом раду је предложена комбинација експерименталних техника које дозвољавају симултано мерење оптичких и термичких особина макромолекуларних структура побуђених широким спектром светлости (у оба опсега ултраљубичасто-видљиво и ИЦ). Резултат експеримента дозвољава веродостојно тестирање валидности предвиђања теоријских студија, и даљи увид у транспортне процесе у макромолекуларним наноструктурама. Методологија се базира на комбинацији две фотоакустичке (ФА) технике, фреквенцијској ФА и ФА спектрометријској техници (ФАС), као и на примени широкопојасног светлосног извора и интерферометра (Мајкелсонов интерферометар). ФА технике су одабране јер дозвољавају мерења термичких особина материје и што ФА одзив зависи директно од апсорпције светлости. Са друге стране, примена широкопојасног извора и интерферометра дозвољава изучавање зависности ФА одзива од таласне дужине побудне светлости.

У другом раду се анализирају стандардне мерне апаратуре и показује да експериментална техника мора бити оптимизована у циљу омогућавања детекције ефеката топлотне меморије фотоакустичким мерењима. Експериментална провера ефеката топлотне меморије представља изазов који је значајан и са фундаменталне и са практичне тачке гледишта. Изучавање топлотних резонанци у ФА одзиву представља алтернативу за детекцију ефеката топлотне меморије и њених особина. Резонанце до сада нису уочена, а у раду се приказане једначине за њихово одређивање. Резултати показују да одговарајући избор фреквенције модулације и познавање приближне функције преноса електричног дела ФА мерног система представљају предуслове за детекцију топлотних резонанци у карактеристикама модулационих фреквенција ФА одзива.

У трећем раду је представљена анализа статичке компоненте температурадне дистрибуције у нетранспарентним узорцима током фототермичких мерења. Аналитички изрази за статички део температурадне дистрибуције у озраченом узорку и његовој околини су одређени коришћењем једнодимензионалног модела преноса топлоте у типичном фототермичком окружењу. Показано је да су доминантни фактори који утичу на облик и средњу вредност температурадне дистрибуције – коефицијент оптичке апсорпције и термичке проводности узорка и околине. Важан специјани случајеви су описани и изведени су аналитички изрази за температуре предње и задње стране узорка.

У четвртном раду су представљене две различите експерименталне технике за одређивање функције преноса ФА мерног система, једна користи хармонијску побуду (*sweep*), а друга бели

шум као побуду. Мерења су извршена у анехоичној комори. Анализа представљена у раду користи две технике за калибрацију развијеног ФА система. Резултати добијени двома техникама су упоређени и изведен је закључак њихове применљивости и даљи правци истраживања.

У петом раду је приказан узицај микрофона, појачавача и ФА ћелије на функцију преноса гас-микрофонске детекције ФА система. Експериментално одређивање функције преноса детекционог дела елиминише утицаје ових компоненти који се стварују услед пројектовања система. На основу мерења извршених у анехоичној комори одређена је функција преноса где је као побуда коришћен хармонијски (*sweep*) сигнал. Две различите аквизиционе картице су коришћене за детекцију сигнала. Једна од њих је коришћена за генерисање побудног сигнала симултано са детекцијом микрофонског сигнала. Са том картицом је добијена функција преноса константне амплитуде до 6 kHz, што није случај са другом аквизиционом картицом. У даљој анализи, одређена функција преноса показује осцилације у областима где је недовољан однос сигнал-шум.

### 3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према Google Scholar, радови др Слободана Тодосијевића су цитирани 5 пута од чега 3 пута изузимајући аутоцитате.

### 3.1.3 Параметри квалитета часописа

Кандидат др Слободан Тодосијевић је објавио укупно два рада у међународним часописима и то:

- један рад у истакнутом међународном часопису *Optical and Quantum Electronics* (ИФ = 1.290)
- један рад у мешународном часопису *International Journal of Thermophysics* (ИФ = 0.946).

Укупан импакт фактор објављених радова је 2.236.

Додатни библиометријски показатељи према упутству о начину писања извештаја о изборима у звања које је усвојио Матични научни одбор за физику приказани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	2.236	8	1.599
Усредњено по чланку	1.118	4	0.7995
Усредњено по аутору	0.559	2	0.3998

### 3.1.4 Међународна сарадња

У оквиру пројекта "Advanced design rules for optimMAI Dynamic properties of Additive Manufacturing products (A\_MADAM)", обавио је секондмент у трајању од месец дана у компанији Топоматика у Загребу.

### **3.2 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења**

Имајући у виду да сваки објављени рад кандидата има 5 или мање коаутора, сваки рад се рачуна са пуном тежином.

### **3.3 Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима**

Кандидат је учествовао на следећим пројектима:

- пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије TP37020 „Развој методологија и средстава за заштиту од буке урбаних средина (urbaNoise)“ (фебруар 2012-април 2018),
- H2020-MSCA-RISE-2016 „Advanced design rules for optimMAI Dynamic properties of Additive Manufacturing products (A\_MADAM)“ (јануар 2017-април 2018).

### **3.4 Активност у научним и научно-стручним друштвима**

#### **3.4.1 Рецензије научних радова**

Кандидат је био рецензент једног рада у часопису *Optical and Quantum Electronics* (ИФ = 1.290).

#### **3.4.2 Педагошки рад**

Кандидат је у периоду фебруар 2016 – април 2018 радио као асистент на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву, где је држао аудиторне и лабораторијске вежбе из предмета Физика, Техничка физика и Електротехника са електроником.

### **3.5 Утицајност научних резултата**

Значај резултата кандидата је описан у одељку 3.1.

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

Кандидат је своје истраживачке активности реализовао на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву, Нуклеарном институту Винча, Институту за физику Београд и анехоичној комори која припада Електронском факултету у Нишу, а која се налази у Сврљигу. Кандидат је дао допринос објављеним радовима и у свима је први аутор. Његов допринос се огледа у изградњи инструмента за шта је било неопходно спојити теорију и експеримент, интерпретацији и презентацији нумеричких резултата, писању радова и комуникацији са уредницима и рецензентима часописа.

4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса

Остварени М-бодови по категоријама публикација:

Категорија	М-бодова по публикацији	Број публикација	Укупно М бодова
<b>M22</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>M23</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>M33</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>M51</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>M53</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>M70</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>

Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избору звање научног сарадника:

	Потребно	Остварено
<b>Укупно</b>	<b>16</b>	<b>26</b>
<b>M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>M11+M12+M21+M22+M23</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

## 5. ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду квалитет резултата добијених у научном раду у претходних пет година, као и свеукупан досадашњи научни рад др Слободана Тодосијевића и број објављених публикација који премашује минималне прописане квантитативне услове за избор у звање научни сарадник, закључујемо да кандидат испуњава све квантитативне и квалитативне резултате за избор у научно звање научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја 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 Слободана Тодосијевића у звање научни сарадник.**

У Београду, 19. септембра 2018. године

Чланови комисије:

---

др Бранко Коларић  
научни саветник, Институт за физику у Београду

---

др Михаило Рабасовић  
научни сарадник, Институт за физику у Београду

---

др Стеван Благојевић  
научни сарадник, Институт за општу и физичку  
хемију у Београду