

# ИЗВЕШТАЈ ЗА ИЗБОР ДР ДРАГАНА МАРКУШЕВА У ЗВАЊЕ НАУЧНОГ САВЕТНИКА

На седници Научног већа Института за физику, одржаној 28.10.2014. године одређени смо за чланове Комисије за избор др Драгана Маркушева у звање научног саветника. Након увида у приложену документацију, Научном већу Института за физику подносимо следећи:

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Кратка биографија др Драгана Маркушева

Драган (Даривоје) Маркушев је рођен 21. фебруара 1964. године у Београду, Србија, где је завршио основно и средње образовање. Природно-математички факултет у Београду, смер Примењена физика, завршио је 30. маја 1991. године одбраном дипломског рада под називом “Угаоне расподеле  $O^-$  јона из процеса дисоцијативног захвата на молекулу  $CO$ ” ментора др Данице Цвејановић.

Почетком 1992. године запошљава се на Институту за физику у групи др Јелене Јовановић-Курепа у Лабораторији за атомску, молекулску и ласерску спектроскопију. Академски назив магистра физичких наука стекао је 12. децембра 1994. године, после завршених последипломских студија (смер квантна оптика) на Физичком факултету у Београду, одбраном магистарског рада под називом “Мултифотонско побуђивање молекула  $SF_6$  у присуству метана” ментора др Јелене Јовановић – Курепа. У мају 1995 Научно веће Института за физику додељује му *студентску награду за најбоље урађен магистарски рад* у 1994. години

И своју докторску дисертацију под називом “Мултифотонски апсорпциони и релаксациони процеси молекула  $SF_6$  у присуству *buffer*-гасова” др Маркушев је урадио у истој групи и под истим менторством. Дисертацију је одбранио 17. новембра 1999. године и тако стекао право да буде промовисан у научни степен доктора физичких наука.

После одласка др Јовановић-Курепа у пензију 2004, наставља да ради у Лабораторији за атомску, молекулску и ласерску спектроскопију у којој се налази и данас. Тренутно је ангажован на пројекту ОН171016 “*Атомски сударни процеси и фотоакустичка спектрометрија молекула и чврстих тела*” под руководством проф. Драгољуба Белића са Физичког факултета у Београду, руководећи потпројектом ПП-2: “*Фотоакустичка спектрометрија молекула и чврстих тела*”.

У звање Научни сарадник изабран је на Институту за физику Универзитета у Београду 2000. године. У звање Виши научни сарадник изабран је такође на Институту за физику Универзитета у Београду, 28. маја 2008. године, а реизабран 18.12.2013. године.

### 2. Преглед постигнутих научних резултата

Основна научно-истраживачка активност др Драгана Маркушева последњих шест година (од последњег избора у звање) одвија се у областима физике молекула, физике околине и фотоакустичних и фототермалних феномена код чврстих материјала и микроструктура. Његова истраживачка активност фокусирана је на

експерименталном израчунавању вибрационо-транслационих релаксационих карактеристика полиатомских молекула (гасова стаклене баште, првенствено SF<sub>6</sub>), те оптичких, топлотних и еластичних особина материјала (Al, Si M21[12,13] M23[3,5,8] M33[47,49], Sigradur, полимери M23[4], TiO<sub>2</sub> M21[12,13], активни угаљ,...) и микромеханичких структура M23[3,5,8] (танка еластична плоча, еластична мембрана, танки филм-Si микроструктура,...) у чврстом стању. Упоредо са тиме ради на развоју што ефикаснијих метода и инструмената фотоакустичке спектроскопије гасова и чврстих тела који би се базирали на анализи карактеристика простирања плазма, топлотних и еластичних таласа (плазмаеластични и термоеластични ефекти) у различитим срединама (M21: [10,12,13]). Поменуто методе и инструменти би имале примену како у физици околине тако и у физици чврстог стања али и различитим индустријским гранама и медицини. Резултати до којих је он са сарадницима дошао, како у погледу развоја метода тако и у погледу анализе различитих процеса у гасовима и чврстим телима објављени су у више радова у међународним часописима M21:[10,12,13] M22:[6], M23:[3,4,5,8], M33:[47,49,51,52], чији је списак дат у прилогу.

Укупан број радова кандидата из категорије M20 је 28 (M21 14, M22 6, M23 8) а након последњег избора у звање је 12 (M21 5, M22 1, M23 6)

На основу претходног избора у звање и базе Google Scholar и Scopus-a је остварена следећа цитираност:

Укупно цитата: **160**, од последњег избора у звање **77**.

Без аутоцитата **55**, од последњег избора у звање **43**.

h index = 5

#### **а) Фотоакустичка спектроскопија гасних узорака**

Са једне стране научна делатност др Драгана Маркушева је последњих шест година била усмерена на експериментално и теоријско проучавање мултифотонских апсорпционих и релаксационих процеса полиатомских молекула у различитим гасним смешама, и то у инфрацрвеној области спектра импулсном фотоакустичком спектроскопијом. Др Маркушев заједно са сарадницима: др Михаило Рабасовић (Института за физику), проф. др Жарко Чојбашић и мр Младена Лукић (Универзитет у Нишу), у последњем петогодишњем периоду бави се развојем мултифотонске импулсне фотоакустичке спектроскопије гасова у реалном времену применом вештачке интелигенције.

Заједно са др Рабасовићем наставио је развој метода за истовремено одређивање просторног профила CO<sub>2</sub> ласерског зрачења и вибрационо – транслационог времена побуђених молекула SF<sub>6</sub> импулсном фотоакустиком у присуству аргона као бафер-гаса.

*У објављеним радовима је први пут овим методом добијено јединствено вибрационо-транслационо време релаксације SF<sub>6</sub> молекула, симултано и одговарајући профил побудног ласерског зрачења, а све то на граници засићења апсорпције ν<sub>3</sub> вибрационог мода SF<sub>6</sub> услед релативно великог парцијалног притиска бафера (M21: [11], M22:[6], M31: [1], M33: [50], M51[6]).*

Вештачке неуронске мреже и генетски алгоритми су се показали врло погодним за примену у фотоакустици. Вишеслојне неуронске мреже су обучаване да препознају три основна параметра овог метода: просторни профил побудног (ласерског) зрачења, временски профил фотоакустичког сигнала и удаљеност детектора од ласерског зрака.

*У објављеним радовима је први пут показано, и теоријски и експериментално, да импулсна фотоакустичка спектроскопија може, уз коришћење и обуку неуронских мрежа, да ради у реалном времену у оквиру анализе гасова у траговима.*

*Такође је, по први пут, анализа фотоакустичких сигнала у временском домену извршена помоћу генетских алгоритама, постигнуто је јако добро слагање са експерименталним резултатима и израчунато је време вибрационо-транслационе релаксације  $SF_6$  молекула.*

Објављени радови који покривају поменута истраживања дати су према важећој класификацији: M21: [11,14], M22:[6], M23:[6,7], M31: [1], M33: [50], M51[6,7].

*У једном делу ових радова је, по први пут, указано на могућност развоја једноставних експерименталних метода и поставки у оквирима фотоакустике, за чију реализацију није потребно коришћење стандардних инструмената за мерење профила побудног зрачења (непотребан *beat-profiler*). (M21: [11], M22:[6], M31: [1], M33: [50], M51[6]).*

Примена вештачке интелигенције у физици околине коришћењем фотоакустике је и тема магистарског рада (Младена Лукић) одбрањеног на одсеку за физику ПМФ-а Универзитета у Нишу 11.12.2013. године, чији је ментор био др Маркушев. Поменути метод и његов рад у реалном времену могу наћи примену у развоју фотоакустичке томографије, првенствено у побољшању квалитета добијених снимака биолошких ткива.

Поред фотоакустике, у овом магистарском раду је *по први пут дат и пример примене неуронских мрежа у настави физике* кроз развој виртуелне лабораторијске вежбе за студенте у оквиру теме међумолекулских сила и молекулских интеракција у реалним гасовима.

У овом тренутку у Институту за физику др Маркушев са сарадницима: др Михаило Рабасовић (Института за физику), др Драган Тодоровић (Института за мултидисциплинарна истраживања) и проф. Младен Франко (Универзитета у Новој Горици), ради на изградњи апаратуре за континуалну фотоакустичку спектроскопију гасова, чија је реализација у завршној фази.

## **б) Фотоакустичка спектроскопија чврстих узорака**

Научна делатност др Маркушева је последњих шест година била усмерена и на експериментално и теоријско проучавање оптичких, топлотних и еластичних карактеристика чврстих узорака и микромеханичких структура трансмисионом фотоакустичком спектроскопијом. У Институту за физику заједно са др Михаилом Рабасовићем и др Марком Николићем, али и осталим спољашњим сарадницима, проф. Младен Франком (Универзитета у Новој Горици) и др Мирославом Драмићанином (ИНН Винча), ради на развоју уређаја за континуалну фотоакустичку спектроскопију чврстих узорака базираног на методу отворене ћелије (Open Cell) - ОС. Овај уређај је оперативан и у завршној је фази испитивања.

*По први пут је на развијеном уређају показана могућност мерења и анализе амплитуда и фаза фотоакустичких сигнала који потичу од чврстих узорака у области модулације од 20 Hz до 20 kHz. (M21: [10], M23:[8])*

До сада је коришћена много ужа област фреквенција (20 Hz до 1 kHz) због немогућности симултане анализе амплитуде и фазе, али и због непрепознавања и неуклањања утицаја мерног система на експерименталне резултате.

Тренутно др Маркушев ради са поменутиим сарадницима на развоју метода елиминације шума и корекције сигнала поменутог уређаја.

*По први пут је показано да ОС експерименти могу да се поједноставе ако се рачунар користи као инструмент (звучна картица као фазно осетљиви детектор, тј. *lock-in amplifier*), а да се при томе не губи на квалитету детекције. (M21: [10])*

Истовремено са развојем уређаја, др Маркушев је радио и на развоју класичних теоријских модела простирања топлоте кроз једнослојне материјале заснованих на Fourier-овој једначини, тзв. Parabolic Heat Conduction Equation - PHCE моделима. У ту сврху са сарадницима: др Рабасовић (Институт за физику), др Драган Тодоровић (Институт за мултидисциплинарна истраживања), ради на развоју посебних експерименталних и теоријских метода тзв. еластичног савијања, заснованих на плазмаеластичним и термоеластичним ефектима у хомогеним механичким структурама различитих дебљина и облика у области фреквентне модулације од 20 Hz до 20 kHz: кружне или правоугаоне плоче дебљине од 1 nm до неколико стотина нанометара.

*По први пут је у објављеним радовима приказана доминација ефекта савијања на дебљим узорцима ( $> 500 \mu\text{m}$ ), али и његов незанемарљив утицај на тањим ( $< 100 \mu\text{m}$ ) узорцима полупроводничког типа. (M23: [3,5])*

Осим једнослојних, др Маркушев са истим сарадницима ради и на развоју метода мерења и анализе вишеслојних структура заснованих на PHCE моделима, првенствено танких филмова фотокаталитичких материјала на полупроводничком супстрату.

*У објављеним радовима по први пут се показује могућност анализе и добијања топлотних и механичких параметара танког  $\text{TiO}_2$  филма (неколико стотина nm) на силицијумском супстрату ( $< 30 \mu\text{m}$ ) помоћу трансмисионе фотоакустичке спектроскопије (M21[12,13], M23: [8]).*

Поред класичних теоријских модела др Маркушев са сарадницима: др Рабасовић (Института за физику), др Слободанка Галовић, мр Нешић и мр Марица Поповић (ИНН Винча) ради и на развоју тзв. Hyperbolic Heat Conduction Equation - HHCE теоријском моделу простирања топлоте у једнослојним хомогеним материјалима којим би у најширем смислу били обухваћени сви топлотни процеси одговорни за стварање фотоакустичког одзива у чврстим телима. Примена овог теоријског модела би омогућила *по први пут директно израчунавање брзине простирања топлоте и релаксационог времена испитиваног материјала* у области фреквентне модулације од 20 Hz до 20 kHz. (M23:[4]). У овом тренутку ради на проналажењу адекватних експерименталних услова и погодних материјала за потврду и примену представљеног теоријског модела.

### **3. Ангажованост на националним пројектима**

До 2010. године учествовао је на пројекту Основних Истраживања (ОИ) 141015 “Електронска и ласерска спектрометрија молекула”, као **руководилац теме** “Мултифотонска апсорпција инфрацрвеног ласерског зрачења на молекулима”.

Од 2011. године је ангажован на пројекту Основних Наука (ОН) 171016 “Атомски сударни процеси и фотоакустичка спектрометрија молекула и чврстих тела” **руководилац потпројекта** ПП-2: “Фотоакустичка спектрометрија молекула и чврстих тела”.

### **4. Учешће у међународној сарадњи**

**Руководио** међународним пројектом билатералне сарадње са Републиком Словенијом “Имплементација различитих фототермалних детекционих поставки за истраживање околине”, за период 2010-2012.

Био је ангажован као *руководилац теме* на међународном пројекту билатералне научне и технолошке сарадње Србија-Кина под покровитељством МОНТРС за јун 2011-јун 2013

PHOTOACOUSTIC AND THERMAL WAVE NEW TECHNIQUES - APPLICATIONS TO MATERIAL AND ENVIRONMENT SCIENCES

Учествовао на међународним пројектима билатералне сарадње са Словенијом као *руководилац теме* и то: 2008-2009, „Развој комплементарних оптоермичких и оптичких спектроскопских метода и техника“.

## **5. Ангажованост у формирању научних кадрова**

Др Драган Маркушев је био *ментор* изради *докторске тезе*,

1) Михаила Рабасовића,

"Одређивање просторног профила ласерског зрачења импулсном фотоакустиком у гасним смешама"

одбрањене на Физичком факултету Универзитета у Београду 28.11.2007. године.

Др Драган Маркушев је био *ментор* изради *магистарских теза*

1) Михаила Рабасовића,

МУЛТИФОТОНСКИ ПРОЦЕСИ У ГАСНИМ СМЕШАМА: УТИЦАЈ АПСОРБЕРА НА КАЛИБРАЦИЈУ ФОТОАКУСТИЧКОГ СИСТЕМА

одбрањене на Физичком факултету Универзитета у Београду 06.12.2004. године.

2) Младене Лукић

„Примена вештачке интелигенције у физици околине и настави физике“

одбрањене на Департману за физику, ПМФ-а Универзитета у Нишу, 11.12.2013. године.

Кандидат је руководио и израдом неколико дипломских радова студената Физичког факултета Универзитета у Београду до 2008:

Бранке Хаџић.

Јелене Николић,

Светлане С. Јока,

Маје А. Рачић,

Душице М. Стакић

## **6. Организација научних скупова**

Кандидат је *главни организатор* међународне конференције "18th International Conference on Photoacoustic and Photothermal Phenomena (ICPPP18)" која ће бити организована у Мастер центру у Новом Саду, у периоду од 06-10. септембра 2015. године.

Кандидат је био *члан Организационог одбора* међународне конференције "3rd International Conference on the Physics of Optical Materials and Devices" (ICOM 2012), 3rd - 6th September 2012, Belgrade, Serbia.

Кандидат је био **члан Организационог одбора** међународне конференције “2nd International Conference on the Physics of Optical Materials and Devices” (ICOM 2009), 27th - 30th August 2009, Harceg Novi, Montenegro.

## 7. Уводна предавања

Кандидат је имао **предавање по позиву** (МЗ1: [1]) на *9th International Symposium on Modern Acoustics (ISMA)*, May 20-22, 2012, Nanjing, China: “Real-time pulsed photoacoustics – molecular relaxation time measurements”.

Кандидат је био ангажован као **позивни предавач** на: *International Summer School Atmospheric pollution: chemistry, transport and monitoring*; 5.-18. June 2011, Nova Gorica, Slovenia са два предавања: 1) Practical Experience with Photoacoustic Spectroscopy: Air Monitoring; 2) Problem Solving

## 8. Рецензије часописа и универзитетских књига

Др Маркушев је у протеклом периоду био рецензент у часописима:

1. *Measurement, Science and Technology*, Institute of Physics Publishing, United Kingdom  
Online ISSN: 1361-6501 Print ISSN: 0957-0233
2. *International Journal of Thermophysics*, Springer-Verlag GmbH, Heidelberg, Germany  
ISSN: 0195-928X (Print) 1572-9567 (Online)
3. *Physica Scripta*, Institute of Physics Publishing, Royal Swedish Academy of Sciences,  
Online ISSN: 1402-4896 Print ISSN: 0031-8949
4. *Journal of Serbian Chemical Society*, Serbian Chemical Society, Serbia  
Online ISSN: 1820-7421 Print ISSN: 0352-5139

Др Маркушев је у протеклом периоду, по предлогу Већа Департмана за физику а одлуком Наставно-научног већа ПМФ-а у Нишу бр.878/1-01 од 17.10.2012. године, био један од рецензената универзитетског уџбеника "Увод у физику околине" аутора ван. проф. др Љубише Нешића и доцента др Дејана Димитријевића са ПМФ-а у Нишу.

## Мишљење и предлог

На основу приказаног материјала можемо закључити да др Драган Маркушев својим радом и резултатима испуњава услове Закона о научно-истраживачкој делатности републике Србије за избор у звање научни саветник, па комисија предлаже Научном већу Института за физику да донесе одлуку **о избору др Драгана Маркушева** у звање **научни саветник**.

1. др Брана Јеленковић, научни саветник, Институт за физику, 1. референт

2. др Драгољуб Белић, редовни професор Физичког Факултета у Београду

3. др Драган Годоровић, научни саветник, Центар за мултидисциплинарна истраживања у Београду

Диференцијални услов- Од првог избора у претходно звање до избора у звање.....	потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно XX=	Остварено
<b>Научни сарадник</b>	Укупно	16	
	M10+M20+M31+M32+M33 M41+M42 ≥	10	
	M11+M12+M21+M22 M23+M24 ≥	5	
<b>Виши научни сарадник</b>	Укупно	48	
	M10+M20+M31+M32+M33 M41+M42+M51 ≥	40	
	M11+M12+M21+M22 M23+M24+M31+M32+M41+M42 ≥	28	
<b>Научни саветник</b>	Укупно	65	<b>86</b>
	M10+M20+M31+M32+M33 M41+M42+M51 ≥	50	M21(5x8)+ M22(1x5)+M23(6x3)+M31(1x3) +M33(6x1)+ M51(2x2)= <b>76</b>
	M11+M12+M21+M22 M23+M24+M31+M32≥	35	M21(5x8)+ M22(1x5)+M23(6x3)+M31(1x3) = <b>66</b>