

**Научном већу Института за физику**

Београд, 23. октобар 2014.

**Предмет: Молба за покретање поступка за стицање звања научни сарадник**

С обзиром да испуњавам критеријуме прописане од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја за стицање научног звања научни сарадник, молим Научно веће Института за физику у Београду да покрене поступак за мој избор у наведено звање.

У прилогу достављам:

1. Мишљење руководиоца пројекта са предлогом чланова комисије
2. Кратку биографију
3. Преглед научне активности
4. Елементе за квалитативну оцену научног доприноса
5. Елементе за квантитативну оцену научног доприноса
6. Списак објављених радова и њихове копије
7. Списак цитата
8. Уверење о одбрани докторске дисертације

С поштовањем,

---

др Марко Цвејић

## **Научном већу Института за физику**

Београд, 23. Октобар 2014.

### **Предмет: Мишљење руководиоца пројекта за избор др Марка Цвејића у звање научни сарадник**

Др Марко Цвејић, запослен у Лабораторији за спектроскопију плазме и физику ласера, Института за физику ангажован је на пројектима: (1) из области основних истраживања ОИ171014 под насловом „Спектроскопска дијагностика нискотемпературне плазме и гасних пражњења: облици спектралних линија и интеракција са површинама“; (2) из области технолошког развоја ТР 37019 „Електродинамика атмосфере у урбаним срединама Србије“. Оба пројекта финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. На поменутим пројектима ради на теми спектроскопије ласерски индуковане плазме и спектроскопије тиваовог пражњења на атмосферском притиску.

С обзиром да испуњава све предвиђене услове, у складу са Правилником за изборе у научна звања Министарства, сагласна сам са покретањем поступка за избор др Марка Цвејића у звање научни сарадник.

За састав Комисије за избор др Марка Цвејића у звање научни сарадник предлажем:

1. др Соња Јовићевић, научни саветник, Институт за физику,
2. др Миливоје Ивковић, виши научни сарадник, Институт за физику,
3. др Јован Цветић, редовни професор, Електротехнички факултет факултет.

Руководилац пројекта

---

др Соња Јовићевић

## Биографија др Марка Цвејића



Марко Цвејић рођен је у Пожаревцу 09.08.1982. године. Пожаревачку гимназију завршио је 2001. године. У августу 2007. године, дипломирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на смеру за Физичку електронику – одсек за Оптиелектронику и ласерску технику. Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, модул Наноелектроника и фотоника, уписао је 2008. године. Докторску дисертацију под називом „Просторна и временски разложена спектроскопска дијагностика ласерски индуковане плазме на чврстој мети у ваздуху на атмосферском притиску“ одбранио је 26.09.2014. године.

Током основних студија учествовао је на пројекту израде Теслиног трансформатора и изложби о Николи Тесли поводом 150 година рођења у Галерији САНУ (2006). Од децембра 2007. до августа 2008. одслужио је цивилни војни рок на Електротехничком факултету. Од новембра 2008. до јуна 2009. године био је запослен на Физичком факултету Универзитета у Београду на експерименту тињавог пражњења са микро шупљином, у лабораторији академика Николе Коњевића. Од 01.06.2009. године запослен је у Институту за физику у Лабораторији за спектроскопију плазме и физику ласера где је ангажован на експериментима тињавог пражњења на атмосферском притиску и експерименту спектроскопије ласерски индуковане плазме. Од јула 2009 до децембра 2010. године био је ангажован на Пројекту 141032 „Нискотемпературне плазме и гасна пражњења: Радијативна својства и интеракција са површинама“, које је финансирало Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије. Тренутно је ангажован на пројектима: (1) из области основних истраживања ОИ171014 под насловом „Спектроскопска дијагностика нискотемпературне плазме и гасних пражњења: облици спектралних линија и интеракција са површинама“; (2) из области технолошког развоја ТР 37019 „Електродинамика атмосфере у урбаним срединама Србије“. Оба пројекта финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Од 1.11.2014. године налази се на пост докторским студијама на *Weizmann Institute of Science* у Израелу.

Марко Цвејић је своје знање проширио учешћем на билатералним пројектима и посетама иностраним лабораторијама: - мај 2010 и октобар 2011, посета лабораторији ЛПЗ (Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques, LP3 UMR 6182 CNRS - Université Aix-Marseille II Campus de Luminy, Marseille), учешће на пројекту „Measurements of Stark broadening parameters in laser-produced plasmas“ финансираном од стране LaserLab-Europe, бр. пројекта CNRS-LP3 001575 и CNRS-LP3 001720 - билатерални пројекат сарадње са Француском „Павле Савић“ број 680-00-132/2012-09/03, под називом „Measurements of Stark broadening parameters in laser produced plasma“-, „Истраживање параметара Штарковог ширења спектралних линија неопходних за анализу материјала помоћу спектроскопије ласерски индукованог пробоја“ Од 8. јуна до 8. јула 2014. године био је на студијском боравку у Институту за физику Департамента за фотонику Jagiellonian Универзитета у Кракову Пољска.

## Преглед научне активности др Марка Цвејића

Научно истраживачки рад др Марка Цвејића је у области спектроскопије плазме.

Научна активност Марка Цвејића је усмерена на проучавање физике плазме и гасних пражњења методама спектроскопије плазме. У досадашњем раду Марко Цвејић је проучавао

- MHGD (Micro Hollow Gas Discharge) Тињаво пражњење у микросупљини
- APGD (Atmospheric Pressure Glow Discharge) Тињаво пражњење на атмосферском притиску
- LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) Спектроскопија ласерски индуковане плазме које је била тема његове докторске дисертације. Докторирао је на теми „Просторно и временски разложена спектроскопија ласерски индуковане плазме на чврстој мети у ваздуху на атмосферском притиску.“

У радовима [A1],[ A2] и [A3] проучавано је тињаво гасно пражњење у микросупљини где је радни гас био аргон са додатком водоника. Облик водоникове линије H beta коришћен је истовремено за плазма дијагностику и одређивање параметара катодног слоја. За ту прилику развијен је модел који укључује релевантне процесе који утичу на ширење ове линије и њен облик, и овај модел примењен је на примеру H beta линије. Линија H beta снимљена је у тињавом гасном пражњењу у микросупљини (чији је пречник 100  $\mu\text{m}$  с уже стране и 130  $\mu\text{m}$  са шире стране). Супљина се налази у плочици алумине дебљине 250  $\mu\text{m}$  на коју су са обе стране нанете златне електроде. Тињаво пражњење генерисано је у опсегу притиска од 100 – 900 mbar. Одређена електронска густина  $N_e$  је у опсегу  $(0.4\text{--}4.5) \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$  и одређена је из ширине централног профила H beta линије, док су из проширених крила, која су индукована DC Штарковим ефектом, одређени следећи параметри: средња вредност електричног поља  $E_a$  у катодном слоју у опсегу (16 – 95 kV/cm), јачина електричног поља  $E_0$  на површини катодне у опсегу (32 – 190 kV/cm) и дебљина катодног слоја  $z_g$  у опсегу од (18 – 70  $\mu\text{m}$ ). Сва четири параметра тињавог гасног пражњења у микросупљини  $N_e$ ,  $E_a$ ,  $E_0$  и  $z_g$  по вредностима одговарају резултатима који су добијени моделирањем у раду М. Ј. Kushner [J. Phys. D: Appl. Phys. 38, 1633 (2005)]. Добијене вредности  $N_e$  у овом експерименту упоређене су са резултатима осталих емисионих експеримената из литературе.

У раду [D5] описани су резултати проучавања тињавог пражњења на атмосферском притиску у атмосфери хелијума са додатком водоника. Пражњење је генерисано једносмерном струјом од 1А са напоном од 270 V и размаком између електрода од 8 mm. На основу просторне расподеле интензитета зрачења на Балмер бета таласној дужини показано је да ово пражњење није униформно. Спектрална мерења показала су одсуство водоникових спектралних линија у позитивној колони овог пражњења. Спектрални снимци хелијумових линија са забрањеном компонентом у делу пражњења где се јавља негативно светљење (negative glow) указују на присуство јаког електричног поља. Ротационе температуре добијене из Q гране Fulcher  $\alpha$  band sistema снимљеног у делу пражњења где се јавља негативно светљење дају вредност од 960 K.

У радовима [A4 – A6] проучавана је просторно и временски разложена спектроскопија ласерски индуковане плазме.

У раду [A4] измерене су вредности параметара Штарковог ширења за три линије Mg I и једну линију Mg II у опсегу електронске густине  $(0.67\text{--}1.09) \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  и у опсегу електронске температуре (6200 - 6500) K. Електронска густина одређена је из полуширине

водоникове линије H алфа, док је електронска густина измерена из релативних интензитета линија Mg I и Al II коришћењем технике Болцманове праве. Плазма извор индукован је ласерским зрачењем Nd:YAG ласера на таласној дужини од 1064 nm, где је трајање импулса било 15 ns а коришћена енергија по импулсу 50 mJ. Ласерски индукована плазма генерисана је на чврстој мети на атмосферском притиску. Техника брзе фотографије је употребљена за одређивање временских параметара где постоји добра хомогеност плазме. Примењен је тест за одређивање присуства самоапсорпције коришћењем задњег огледала и сочива. Над спектралним снимцима где нема самоапсорпције линија или је она коригована примењена је процедура инверзне Абелове трансформације. У овом раду описани су детаљи аквизиције као и процедура обраде спектралних снимака која је илустрована дијаграмом тока и примерима. Експериментални резултати су упоређени са два сета теоријских семикласичних прорачуна параметара Штарковог ширења. Резултати упоређивања експерименталних и теоријских података за неутралне линије Mg у овом раду могу се сматрати двосмисленим док за линију Mg II 448.1 nm, резултати прорачуна који су дали Dimitrijević и Sahal-Brechot указују на добро поклапање са резултатима овог експеримента и осталим експерименталним подацима из литературе у опсегу температура (5000 – 12000) K. Ови резултати прорачуна су препоручени у сврхе плазма дијагностике. Проучавање облика линија у оквиру мултиплета Mg I 383.53 nm показују да корекција услед Дебајевог екранирања побољшава слагање између теоријских и експерименталних параметара Штарковог ширења.

Рад [A5] представља мерење параметара Штарковог ширења линија једноструко јонизованог Al. Извор зрачења је такође ласерски индукована плазма. Електронска густина у опсегу  $(0.3 - 2.3) \times 10^{23} \text{ cm}^{-3}$  измерена је коришћењем полуширине водоникове Ha линије. Електронска температура у опсегу 6500 – 17500 K одређена је из релативних интензитета Fe II, Mg I и Al II спектралних линија коришћењем технике Болцманове праве. Експерименталне Штаркове полуширине упоређене су са осталим експерименталним и теоријским подацима.

Рад [A6] приказује резултате теоријске и експерименталне студије облика Li I 460.28 nm линије са забрањеном компонентом у нискотемпературној ласерски индукованој плазми. У ту сврху метод компјутерске симулације коришћен је за прорачун укупног профила линије у опсегу електронских густина од  $(0.5 - 11.0) \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  и за електронску температуру од 5800 K. Исти метод компјутерске симулације коришћен је за прорачун асиметричног профила изоловане линије Li I 497.17 nm у истом опсегу електронских густина и за неколико вредност електронских температура у опсегу између 3500 K и 10300 K. Резултати прорачуна Li I изоловане линије коришћени су заједно са остала два доступна сета теоријских резултата Штаркових полуширина како би се ова линија користила као независна метода за одређивање електронске густине у ласерски индукованој плазми. Електронска температура у опсегу од 4000 – 7000 K одређена је из релативних интензитета Li I линија коришћењем технике Болцманове праве. Поређење између прорачунатих профила и експерименталних података за линију Li I 460.28 nm са забрањеном компонентом указује да се теоријски подаци могу користити за одређивање електронске густине у поменутом опсегу електронских густина са тачношћу од  $\pm 10\text{-}15\%$ . Како би се олакшала примена теоријских профила линије, дате су једноставне формуле које описују главне параметре линије Li I 460.28 nm са забрањеном компонентом.

## Елементи за квалитативну анализу рада кандидата

### 1. Показатељи успеха у научном раду

#### 1.1. Награде и признања за научни рад

- Награда за најбољи постер „*Li I 460.3 nm line with forbidden component for LIBS electron number density diagnostics*“ презентованог на EMSLIBS 2011 Euro Mediterranean Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Izmir, Turkey
- Подстицајна награда „Никола Тесла“ фондације Петровић-Његош намењена младом истраживачу из западно-балканских земаља (септембар 2014)

### 2. Ангажованост у развоју услова за научни рад, образовању и формирању научних кадрова

#### 2.1. Међународна сарадња

Кандидат је учествовао у следећим међународним пројектима

- билатерални пројекат сарадње са Француском „Павле Савић“ број 680-00-132/2012-09/03, под називом „*Measurements of Stark broadening parameters in laser produced plasma*”- „*Истраживање параметара Штарковог ширења спектралних линија неопходних за анализу материјала помоћу спектроскопије ласерски индукованог пробоја*“

Студијске посете иностраним научним институцијама:

- мај 2010 и октобар 2011, посета лабораторији ЛПЗ (Laboratoire Lasers, Plasmas et Procédés Photoniques, LP3 UMR 6182 CNRS - Université Aix-Marseille II Campus de Luminy, Marseille), учешће на пројекту „*Measurements of Stark broadening parameters in laser-produced plasmas*” финансираном од стране LaserLab-Europe, бр. пројеката CNRS-LP3 001575 и CNRS-LP3 001720
- Од 8. јуна до 8 јула посета Одсеку за фотонику, Института за физику при Јагелонском универзитету у Кракову, Пољска. Рад на експерименту Томсоновог расејања у ласерски индукованој плазми.

### 3. Квалитет научних резултата

Кандидат је у свом научном раду, од избора у претходно звање, објавио укупно 6 радова у међународним часописима са ИСИ листе у категорији (M20),

**У категорији M21** кандидат је објавио радове у следећим часописима:

2 рада у Spectrochimica Acta Part B: (ИФ 3.194)

1 рад у Applied Physics Letters: (ИФ 3.863)

1 рад у Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer (ИФ 2.617)

1 рад у Journal of Applied Physics (ИФ 2.220)

**У категорији M23** кандидат је објавио радове у следећим часописима:

1 рад у IEEE Transaction of Plasma Science (ИФ 1.064)

**Укупан импакт фактор** радова кандидата у горњим часописима категорије M21 и M23 је **16.152**

Према Science Citation Index-у, научни радови др Марка Цвејића су цитирани укупно 23 пута у међународним часописима од тога 19 пута без самоцитата.

**ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ АНАЛИЗУ РАДА КАНДИДАТА  
др Марка Цвејића за избор у звање научни сарадник**

Остварени резултати у периоду пре избора, након избора у претходно звање

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова
M21	8	5	40
M23	3	1	3
M31	3	1	3
M33	1	6	6
M34	0.5	6	3
M61	1.5	1	1.5
M71	6	1	6

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник

Минимални број М бодова		Остварено
Укупно	16	62.5
$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq$	10	55
$M11+M12+M21+M22+M23+M24 \geq$	5	43

## Списак радова др Марка Цвејића

### A. РАДОВИ У ВРХУНСКИМ МЕЂУНАРОДНИМ ЧАСОПИСИМА (M21)

[A1] Dj. Spasojević, M. Cvejić, N.M. Šišović, N. Konjević; Simultaneous plasma and electric field diagnostics of microdischarge from hydrogen Balmer line shape (2010) Applied Physics Letters, 96 (24), art. no. 241501, .

DOI: 10.1063/1.3449129

\*[A2] M. Cvejić, Dj. Spasojević, N.M. Šišović, N. Konjević, ; A contribution to spectroscopic diagnostics and cathode sheath modeling of micro-hollow gas discharge in argon (2011) Journal of Applied Physics, 110 (3), art. no. 033305,

DOI: 10.1063/1.3615962

\*[A3] Dj. Spasojević, M. Cvejić, N.M. Šišović, N. Konjević; Spectroscopic diagnostics of microhollow gas discharge in hydrogen (2012) Journal of Applied Physics, 111 (9), art. no. 096103, .

DOI: 10.1063/1.4718570

\*[A4] M. Cvejić, M.R. Gavrilović, S. Jovićeвић, N. Konjević; Stark broadening of Mg I and Mg II spectral lines and Debye shielding effect in laser induced plasma (2013) Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy, 85, pp. 20-33.

DOI: 10.1016/j.sab.2013.03.011

\*[A5] M. Cirisan, M. Cvejić, M.R. Gavrilović, S. Jovićeвић, N. Konjević, J. Hermann; Stark broadening measurements of Al II lines in a laser-induced plasma (2014) Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer, 133, pp. 652-662

DOI:10.1016/j.jqsrt.2013.10.002

\*[A6] M. Cvejić, E. Stambulchik, M.R. Gavrilović, S. Jovićeвић, N. Konjević; Neutral lithium spectral line 460.28 nm with forbidden component for low temperature plasma diagnostics of laser-induced plasma (2014) Spectrochimica Acta – Part B Atomic Spectroscopy, 100, pp. 86-97

DOI: 10.1016/j.sab.2014.08.007

### B. РАДОВИ У ИСТАКНУТИМ МЕЂУНАРОДНИМ ЧАСОПИСИМА (M22)

[B1] M. Tausanovic, S. Markovic, S. Marjanovic, J. Cvetic, M. Cvejić; Dynamics of a lightning channel corona sheath using a generalized traveling-current-source return stroke model-theory and calculations (2010) IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 52 (3), art. no. 5460969, pp. 646-656.

DOI: 10.1109/TEMC.2010.2044886

### V. РАДОВИ У МЕЂУНАРОДНИМ ЧАСОПИСИМА (M23)

\*[B1] A. V. Tatarinov, M. Cvejić, I. L. Epstein, S. Jovićeвић, N. Konjević, Y. A. Lebedev; The Beenakker's cavity for uniform column of nonequilibrium argon plasma generation: experiment and 3-D modeling (2014) IEEE Transaction of plasma science, 42, 10, pp. 2836 – 2837

DOI: 10.1109/TPS.2014.2328017

### G. ПРЕДАВАЊА ПО ПОЗИВУ СА МЕЂУНАРОДНОГ СКУПА ШТАМПАНА У ЦЕЛИНИ (M31)

\* [Г1] M. Cvejić, Diagnostics of Laser Induced Plasma by Optical Emission Spectroscopy, *Invited lecture-Progress Report*. in The Physics of Ionized Gases, edit. D Marić, A. Milosavljević and Z, Mijatović,



27<sup>th</sup> Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, August 26- 29, 2014, у Београду, AIP Conference Proceedings, to be published.

**Д. РАДОВИ САОПШТЕНИ НА СКУПУ МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА ШТАМПАНА У ЦЕЛИНИ (М33)**

[Д1] Marko Cvejić, Sonja Jovićeвић, Emilien Mothe, Laurent Mercadier, Nikola Konjeвић, Jörg Hermann,; Electron density diagnostics of laser induced plasma in helium Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 89 (2010), 189-192, Contributed Paper SPIG 2010-08-25

\*[Д2] M. Ćirišan, M. Cvejić, J. Hermann, S. Jovićeвић, N. Konjeвић,; Study of the optical thickness of laser-induced plasma for improved calibration-free LIBS analysis, Publ. University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics, Contributed Paper, SPIG 2012, p147

\*[Д3] M. Cvejić, M. Gavrilović, S. Jovićeвић,; Procedure for processing spectral images and self-absorption correction Publ. University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics, Contributed Paper, SPIG 2012, p151

\*[Д4] M. Gavrilović, M. Cvejić, S. Jovićeвић, N. Konjeвић,; Characterization of laser-induced plasma by optical emission spectroscopy, Publ. University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics, Contributed Paper, SPIG 2012, p171

\*[Д5] M. Cvejić, S. Jovićeвић, N. Konjeвић,; Spectroscopic characterization of atmospheric pressure glow discharge, Publ. University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics, Contributed Paper, SPIG 2012, p289

\*[Д6] M.R. Gavrilović, M. Cvejić, V. Lazić, S. Jovićeвић,; Single-pulse laser induced plasma in water: shock wave, bubble and plasma emission, Publ. Institute of Physics Belgrade and Serbian Academy of Sciences and Art, Contributed Paper, SPIG2014, p311

\*[Д7] M.R. Gavrilović, M. Cvejić, V. Lazić, S. Jovićeвић,; Dynamics and optical properties of the laser induced bubble, Publ. Institute of Physics Belgrade and Serbian Academy of Sciences and Art, Contributed Paper, SPIG2014, p315

**Ђ. РАДОВИ САОПШТЕНИ НА СКУПУ МЕЂУНАРОДНОГ ЗНАЧАЈА ШТАМПАНИ У ИЗВОДУ (М34)**

\*[Ђ1] M. Cvejić, M. Ćirišan, M.R. Gavrilović, S. Jovićeвић, N. Konjeвић, J. Hermann,; Stark broadening parameters of Al II line 704.9 nm measured in laser-induced plasma, EMSLIBS 2013 Euro Mediterranean Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Bari, Italy

\*[Ђ2] M. R. Gavrilović, M. Cvejić, S. Jovićeвић, N. Konjeвић,; Stark broadening of Pb II lines in laser induced plasma, EMSLIBS 2013 Euro Mediterranean Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Bari, Italy

\*[Ђ3] M. Vinić, M. Cvejić, M. Ivković,; Spatial and temporal characterization of combined laser induced plasma and spark technique, EMSLIBS 2013 Euro Mediterranean Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Bari, Italy

\*[Ђ4] M. Cvejić, M. Gavrilović, S. Jovićeвић, M. Ivković, N. Konjeвић,; Li I 460.3 nm line with forbidden component for LIBS electron number density diagnostics, EMSLIBS 2011 Euro Mediterranean Symposium on Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Izmir, Turkey

\*[Ђ5] E. Mothe, M. Cvejić, S. Jovićeвић, L. Mercadier, S. Beldjilali, N. Konjeвић, J. Hermann ; Time- and space-resolved laser plasma diagnostics for Stark broadening measurements in laser plasma, LIBS 2010 Laser Induced Breakdown Spectroscopy Memphis, Tennessee, USA

\*[Ђ6] Emilien Mothe, M. Cvejić, S. Jovićeвић, N. Konjeвић, L. Mercadier, S. Beldjilali, J. Hermann ; Mesures d'élargissement Stark dans un plasma produit par ablation laser PamoJSM-2010 29 juin-2 juillet 2010, Campus Université Paris-Sud 11 - Orsay

