

Научном већу Института за физику

Извештај комисије за избор др Мирјане Грујић-Бројчин у звање научни саветник

На основу захтева који је др Мирјана Грујић-Бројчин поднела Научном већу Института за физику 11. 12. 2015. године именовани смо у комисију за избор кандидаткиње у звање научни саветник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику подносимо следећи извештај.

Биографски подаци о кандидаткињи

Др Мирјана Грујић-Бројчин, рођена је 1970. године у Крагујевцу, где је 1989. завршила Крагујевачку гимназију, смер техничар балистичар. Дипломирала је 1996. године на Одсеку за физичку електронику, Смер за електротехничке материјале и технологије Електротехничког факултета у Београду. Одбранила је магистарску тезу "Прорачун молекуларних вибрација кластера једнослојних нанотуба" на Електротехничком факултету у Београду, смер Електротехнички материјали и технологије, у сарадњи са Лабораторијом за аналитичку хемију и геохемију Института Вернадски Руске академије наука. Докторски рад под насловом "Оптичка спектроскопија оксидних нанопрахова" одбранила је на Електротехничком факултету у Београду у октобру 2008. године.

Од 16. децембра 1996. године запослена је у Институту за физику, Центар за физику чврстог стања и нове материјале. У звање истраживач сарадник изабрана је 24. априла 2001. године. У звање виши научни сарадник изабрана је 14. октобра 2009. године и реизабрана 25.02.2015. године.

Од 1996. године била је ангажована неколико пројеката Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије: "Физика материјала" (1996-2000), Физика нискодимензионих и нанометарских структура и материјала" (2001-2006), 141047Б "Физика нискодимензионих и нанометарских структура и материјала" (2006-2010) и од 2011. на пројектима ОН17032 "Физика наноструктурних оксидних материјала и јако корелисаних система" на коме је руководила потпројектом "Физика наооксидних магнетних материјала" и ИИИ45018 "Наноструктурни

мултифункционални материјали и нанокompозити", на коме је руководила пројектним задацима у оквиру фазе "Теоријски прорачуни и нумеричке симулације" .

Активно је учествовала на следећим иновационим пројектима: „Производња нанопрахова чистог и допираног анатаса врхунског квалитета помоћу сол-гел технологије“ (2008-2009) и Производња висококвалитетних TiO_2 нанопрахова ефикасних у фотокаталитичкој разградњи органских загађивача" (2012-2013). Такође је била ангажована на следећим међународним пројектима билатералне сарадње: "Raman Scattering and Photoluminescence from Semiconductor Nanoparticles" (од 2004), са Институтом за физику чврстог стања Бугарске академије наука), SCOPES (2009-2012 - са Институтом за физику полимера Федералним техничким институтом Цирих (ETH Zurich) Швајцарска), а од 2014. године ангажована је на пројекту са Институтом Walter Meissner из Минхена („Competition between s-wave and d-wave pairing channels and Fe - vacancy ordering in tetragonal $\beta\text{-Fe}_{1+x}\text{Se}$ “).

Учествовала је на европским пројектима Controlling Mesoscopic Phase Separation – CoMePhS (STREP FP6, No. 517039 (2007-2008)), Centre of Excellence for Optical Spectroscopy Applications (OPSA-026283) in Physics, Material Science and Environmental Protection, у оквиру FP6 програма (2006-2009), а сада и на DAFNEOX - Designing Advanced Functionalities through controlled NanoElement Integration in Oxide Thin Films Marie Sklodowska Curie пројекту H2020-MSCA-RISE-2014.

Др Мирјана Грујић-Бројчин бави се Рамановом, фотолуминесцентном и инфрацрвеном спектроскопијом, као и спектроскопском елипсометријом оксидних нанопрахова и танких филмова. Бави се развојем метода за симулацију у области оптичке спектроскопије наноструктурних материјала, односно нумеричким моделовањем вибрационих спектра, као и развојем модела за анализу порозности нанопрахова.

Од 2013. године активно се бави применом метода оптичке спектроскопије у Археометрији - новој наочној области која се бави проучавањем и очувањем културних добара методама експерименталне физике, и то у оквиру пројектног циклуса 2013-2015. билатералног пројекта "Scientific and technological cooperation between Sapienza University of Rome and University of Belgrade in the area of Cultural Heritage", као и новог циклуса билатералне сарадње 2016-2018., који је потписан између Института за физику Универзитета у Београду и Универзитета Сапиенца у Риму, Италија. У оквиру овог пројекта бави се проучавањем пигмената и древних керамичких материјала методама оптичке спектроскопије. Координатор је иницијативе и пројектног предлога *SciTeCH - European Joint Doctorate in Science and Technology for Cultural Heritage*, у оквиру Marie Sklodowska-Curie Actions - Innovative Training Networks (ITN) (poziv H2020-MSCA-ITN-2016) у коме учествује 16 европских универзитета и неакадемских институција релевантних за област проучавања и конзервације културног наслеђа у Европи.

Коаутор је монографије "Оптичка својства наноматеријала" (З. Д. Дохчевић-Митровић, М. Ј. Шћепановић, М. Грујић-Бројчин, З. В. Поповић), објављене у издању Института за физику и Академске мисли, 2011. године.

Преглед научно истраживачких активности др Мирјане Грујић-Бројчин

Научно истраживачка активност др Мирјане Грујић-Бројчин везана је за истраживања у области физике чврстог стања након избора у звање виши научни сарадник (2009. године) одвијала се у три (3) истраживачка праваца:

1. Карактеризација наноструктурних материјала - моделовање оптичких спектра оксидних нанопрахова
2. Моделовање оптичких и порозних својстава наноструктурних оксида за фотокаталитичке примене
3. Археометрија - примена метода оптичке спектроскопије у изучавању и заштити објеката културног наслеђа

Од претходног избора у звање др Мирјана Грујић-Бројчин објавила је 30 научних публикација, од чега 18 међународних радова са ISI листе и једну научну монографију националног значаја (M41). Одржала је 3 предавања по позиву. Кратка анализа радова које је публиковала у овом периоду дата је у наставку:

1. Карактеризација наноструктурних материјала - моделовање оптичких спектра оксидних нанопрахова

Др Мирјана Грујић-Бројчин активно учествује у истраживању наноструктурних материјала, посебно у развоју и примени нумеричких модела за анализу ИЦ и Раманових, као и моделовању фотолуминесцентних (ФЛ) спектра, који омогућавају систематско проучавање структурних и електронских особина великог броја различитих наноматеријала, са циљем да се потпуније разуме како услови синтезе наноматеријала утичу на жељене карактеристике и потенцијалну примену. Др Мирјана Грујић-Бројчин у континуитету развија нумеричке моделе и кодове, који су до сада успешно примењени на широку класу наноструктурних материјала (нанопрахове, квантне тачке, квантне жице, танке слојеве и вишеслојне структуре). Од претходног избора у звање, др Мирјана Грујић-Бројчин је успешно развила и унапредила низ нумеричких модела и одговарајучих софтверских процедура за проучавање чистих и допираних TiO_2 наноструктура, ZnO нанопрахова, као и ZnSe нанослојева.

Карактеризација чистих и допираних TiO_2 нанопрахова синтетисаних сол-гел методом

- 1 M. J. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, Z. D. Dohčević-Mitrović, Z. V. Popović
Characterization of Anatase TiO_2 Nanopowder by Variable-Temperature Raman Spectroscopy
Science of Sintering, 41 (2009) 67-73

- 2 M. Šćepanović, S. Aškračić, M. Grujić-Brojčin, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović and Z.V. Popović
Low-Frequency Raman Spectroscopy of Pure and La-Doped TiO₂ Nanopowders Synthesized by Sol-Gel Method
Acta Physica Polonica A 116 (1) (2009) 94-102

Кандидаткиња је применом методе фоноског ограничења (МФО) спровела детаљну анализу понашања најинтензивнијег Рамановог E_g мода анатас фазе у наноправима TiO₂, синтетисаним сол-гел методом. Понашање E_g мода последица је утицаја фоноског ограничења, услед нанометарских димензија кристалита (11-15 nm), али и присуства брукитне фазе у узорцима. Ова метода карактеризације омогућила је елементарну идентификацију фаза и процену величине нанокристалита и садржаја брукитне фазе у узорцима у зависности од параметара синтезе, чиме се дошло до оптимизације параметара процеса синтезе, као што су рН вредност средине приликом превођења у гел, трајање „старења” гела, температура, брзина и време калцинације. Код допираних узорака установљено је да су фреквентни померај и ширење E_g Раман мода последица не само нанодимензија кристалита анатаса, већ и неуређености индуковане присуством брукитне фазе и La допанта у узорцима анатас наноправова допираних лантановим јонима (La³⁺) у осегу од 0 до 6 wt.%, такође синтетисаних сол-гел методом. Ово је потврдило да допирање TiO₂ La³⁺ јонима побољшава фазну и наноструктурну стабилност TiO₂ прахова на високим температурама, те повећава ефикасност конверзије светлости, као и повећање и стабилизацију температуре фазног прелаза анатас-рутил. Извршено је поређење модела МФО и модела еластичног континуума који описује акустичке фононске модове регистроване у ниско-фреквентном опсегу (<40 cm⁻¹), који се такође може користити за одређивање величине наночестица у наноправима.

Карактеризација анатас наноправова допираних ванадијумом

- M. Šćepanović, S. Aškračić, M. Grujić-Brojčin, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, B. Matović and Z.V. Popović
Raman study of vanadium-doped titania nanopowders synthesized by sol-gel method
International Journal Of Modern Physics B 24(6-7) (2010) 667-675

Др Мирјана Грујић-Бројчин проучавала је наноправове TiO₂ произведене сол-гел синтезом (чисте и допиране ванадијумом) где је испитиван утицај услова температуре и трајања процеса калцинације на њихове структурне варијације. Применом Раманове спектроскопије установљен је велики утицај температуре и трајања процеса калцинације на понашање најинтензивнијег Рамановог E_g мода, док се код недопираних узорака показало да овог утицаја скоро и да нема.

Примена спектроскопске елипсометрије у карактеризацији анатас наноправова

- M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, M. Mirić, Z. Dohčević-Mitrović and Z.V. Popović
Optical Characterization of Laser-Synthesized Anatase TiO₂ Nanopowders by Spectroscopic Ellipsometry and Photoluminescence Measurements
Acta Physica Polonica A 116 (4) (2009) 603-606

Карактеризација наноправова методом спектроскопске елипсометрије, као и нумеричко моделовање експерименталних резултата били су предмет истраживања др Мирјане

Грујић Бројчин. Кандидаткиња је применом спектроскопске елипсометрије одређивала диелектричну функцију ласерски синтетисаних TiO_2 нанопрахова у енергетском опсегу од 1,5 до 6 eV на собној температури. Усаглашавањем другог извода експериментално добијених спектра са одговарајућим аналитичким обликом ових функција, одређене су енергије које одговарају различитим међузонским електронским прелазима у анатас TiO_2 наноправима и установљено да се енергија која се може приписати индиректном прелазу између валентне и проводне зоне повећава са смањењем величине кристалита.

Модификација методе фононоског ограничења за друге структуре титанијум диоксида

A. Kremenović, M. Grujić Brojcin, A.-M. Welsch, P. Colomban
Heterogeneity in iron-doped titania flower-like nanocrystalline aggregates: Detection of brookite and anatase/rutile size-strain modeling
Journal of Applied Crystallography 46 (6) (2013) 1874-1876.

Модел фоноског ограничења модификован је за примену код нанокристалних агрегата TiO_2 допираних гвожђем, где је разматран утицај допирања гвожђем на појаву три фаза TiO_2 у различитим узорцима. Др Грујић-Бројчин је модификовала и применила МФО на анатас и рутил (3D МФО на сферне наночестице анатаса и 2D МФО на наножице рутила), показавши да се повезивањем резултата Раманове спектроскопије и XRPD може остварити квалитетан увид у морфологију и хетерогеност нанокристалних агрегата TiO_2 богатих брукитом, са малим количинама анатаса и рутила, чија појава је корелисана са концентрацијом допанта Fe.

Прегледни радови из области оптичке карактеризације оксидних нанопрахова

- 1 M. Grujić-Brojcin, M.J. Šćepanović, Z.D. Dohčević-Mitrović and Z.V. Popović
Use of Phonon Confinement Model in Simulation of Raman Spectra of Nanostructured Materials
Acta Physica Polonica A Vol. 116(1) (2009) 51-54
- 2 Z.V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojcin and S. Aškrabić
Raman scattering on nanomaterials and nanostructures
Annalen Der Physik 523(1-2) (2011) 62-74
- 3 Maja Šćepanović, Mirjana Grujić-Brojcin, Zorana Dohčević-Mitrović, and Zoran V. Popović
Investigation of vibrational and electronic properties of oxide nanopowders by spectroscopic methods
Journal of Physics: Conference Series 253 (2010) 012015

Захваљујући познавању великог броја експерименталних техника и нумеричких модела за анализу резултата добијених њиховом применом, као и теоријском изучавању оптичких карактеристика великог броја оксидних нанопрахова, др Мирјана Грујић-Бројчин је дала значајан допринос у обједињавању знања о утицају метода синтезе на оптичка својства оксидних нанопрахова, посебно чистог и допираног анатаса. Објављена су 3 прегледна рада у међународним часописима, од којих 2 по позиву, у којима се детаљно описују различити аспекти примене МФО на Раманове спектре оксидних нанопрахова.

Монографија националног значаја

Z. D. Dohčević-Mitrović, M.J. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, Z. V. Popović
"Optička svojstva nanomaterijala"
Institut za fiziku, Akademska misao 2011.

На основу вишегодишњих истраживања оптичких својстава оксидних нанопрахова, као и докторске дисертације др Мирјане Грујић Бројчин, настала је и монографија "Оптичка својства наноматеријала", чији је коаутор и др Грујић-Бројчин. У овој монографији сажете су технике оптичке карактеризације и нумеричког моделовања, са детаљном разрадом методологије и веома едукативним и илустративним резултатима. Раманова и фотолуминесцентна спектроскопија, инфрацрвена спектроскопија и спектроскопска елипсометрија и њихове примене у карактеризацији чистих и допираних TiO_2 и CeO_2 нанопрахова, као и механички активираних ZnO нанопрахова, разматране су у корелацији са резултатима добијеним другим методама, као што су XRD, SEM, AFM, TEM, BET итд.

Моделовање оптичких и порозних својстава чистог и допираниог CeO_2

Z. V. Popović, M. Grujić-Brojčin, N. Paunović, M. M. Radonjić, V.D. Araújo, M. I. B. Bernardi, M. M. de Lima, A. Cantarero
Far-infrared spectroscopic study of CeO_2 nanocrystals
Journal of Nanoparticle Research 17(1) (2015) 1-7

У овом раду др Грујић-Бројчин применила је своје вишегодишње искуство у моделовању инфрацрвених спектра оксидних нанопрахова методама ефективне средине (Brugemann-ов и генерализовани Brugemann-ов модел, који укључује параметре порозности материјала). Спектри порозних нанопрахова CeO_2 (чистих и допираних бакром) моделовани овим методама, како би се установио утицај концентрације допанта на оптичке фононе и њихову густину стања. Ово је, колико је нама познато, први рад у коме се детаљно и систематично третирају инфрацрвени спектри CeO_2 нанопрахова методама ефективне средине.

Карактеризација ZnO нанопрахова: модификација МФО и резонантно Раманово расејање

- 1 M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, K. Vojisavljević, and T. Srećković
Defect induced variation in vibrational and optoelectronic properties of nanocrystalline ZnO powders
Journal of Applied Physics 109 (2011) 034313
- 2 M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, K. Vojisavljević, S. Bernik and T. Srećković
Raman study of structural disorder in ZnO nanopowders
Journal of Raman Spectroscopy 41 (2010) 914–921

Др Мирјана Грујић-Бројчин је дала значајан допринос анализи активираних прахова и синтерованих керамика ZnO , како би се испитале врсте сопствених дефеката и примеса уведених током процеса механичке активације. Раманова спектроскопија примењена је за истраживање структурних и стехиометријских промена код активираних ZnO прахова у зависности од времена активације и избора апаратуре. На основу нумеричких симулација, redshift и ширење Раманових модова првог реда E_2^{high} и

$E_1(\text{LO})$, карактеристичних за ZnO, код активираних прахова приписани је повећаној неуређености проузрокованој механичким млевењем, праћеном смањењем корелационе дужине. Овакво понашање успешно је проучено применом модификоване МФО (укључен је ефекат анизотропије Brillouin-ове зоне). Тако процењена промена концентрације дефеката уз познавање односа карактеристичних модова $E_1(\text{LO}) / E_2^{\text{high}}$, указала је на кисоничне ваканције као доминантне дефекте. Додатни Раман модови на ~ 510 и 550 cm^{-1} у спектрима активираних прахова приписани су вибрацијама површинских оптичких фонона, које се јављају на границама зрна између ултрафиних нанокристалиста и неуређене области у ZnO нанокристалистима. Кандидаткиња је ове модове успешно моделовала преко диелектричне функције и порозних својстава активираних прахова услед присуства ваканција, што је указало на повећање концентрације дефеката са временом активације у вибро-млину. Повећање времена активације у планетарном млину довело је до извесне релаксације у праховима, праћене смањењем концентрације сопствених дефеката, али и појавом уведених дефеката услед контаминације у цирконијумским посудама за млевање.

Утицај неуређености на оптичка и електронска својства активираних ZnO испитиван је применом фотолуминесцентне спектроскопије и спектроскопске елипсометрије. Предложена је измењена интерпретација резонантног појачања Рамановог расејања првог и другог реда у високонеуређеним ZnO нанопраховима. Детаљна анализа резонантног Рамановог ефекта у ZnO изазваног ласерским зрачењем енергије мање од енергетског процепа дала је значајне информације о електронским стањима унутар енергетског процепа ZnO нанопрахова. Уочено је систематска зависност јачине електрон-фонон спаривања од корелационе дужине која зависи од неуређености кристалне решетке ZnO.

Карактеризација ZnSe нанослојева применом спектроскопске елипсометрије

M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, D. Nesheva, Z. Levi, I. Bineva and Z.V. Popović
Characterization of ZnSe Nanolayers by Spectroscopic Ellipsometry
Acta Physica Polonica A 116 (4) (2009) 708-711

У оквиру ових истраживања др Мирјана Грујић-Бројчин бавила се моделовањем елипсометријских спектра ZnSe нанослојева. Показанала је да се може постићи добро слагање експерименталних и моделованих елипсометријских спектра када се ZnSe нанослојеви третирају као поликристални материјал моделован као смеша порозног кристалног ZnSe и аморфног ZnSe, применом Bruggeman-овог модела ефективне средине. Показано је да СЕ може дати веома корисне информације о кристаличности и наноструктури полупроводничких танких слојева. Резултати добијени применом спектроскопске елипсометрије указали су на повећање удела аморфне фазе при смањењу дебљине ZnSe слоја, што је било у доброј сагласности са резултатима добијеним применом АФМ, Рамановог расејања и оптичке трансмисије.

2. Моделовање оптичких и порозних својстава наноструктурних оксида за фотокаталитичке примене

У опсежним истраживањима различитих оксидних нанопрахова, синтетисаних сол-гел и хидротермалном методом са циљем да се варијацијом параметара синтезе добију фотокатализатори ефикасни у деградацији органских загађивача (као што су фармацеутска једињења, метопролол и алпразолам, разни пестициди, хербициди и органске боје), кандидаткиња је узела учешће у експериметима Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије, као и нумеричком моделовању експерименталних спектра. Посебно, др Мирјана Грујић-Бројчин је развила и унапредила моделовање порозних својстава нанопрахова, што се показало као есенцијално при корелисању морфолошких својстава нанопрахва са њиховом фотокаталитичком активношћу. На тај начин су варијацијом и правилним избором одговарајућих параметара синтезе добијени нанопрахови упоредиви или бољи од комерцијалног фотокатализатора Degussa P25.

Моделовање оптичких и порозних својстава наноструктурних оксида за фотокаталитичке примене

- 1 A. Golubović, N. Tomić, N. Finčur, B. Abramović, I. Veljković, J. Zdravković, M. Grujić-Brojčin, B. Babić, B. Stojadinović, M. Šćepanović
Synthesis of pure and La-doped anatase nanopowders by sol-gel and hydrothermal methods and their efficiency in photocatalytic degradation of alprazolam
Ceramics International 40(8) (2014) 13409-13418
- 2 Grujić-Brojčin, M., Armaković, S., Tomić, N., Abramović, B., Golubović, A., Stojadinović, B., Kremenović, A., Babić, B., Dohčević-Mitrović, Z., Šćepanović, M.
Surface modification of sol-gel synthesized TiO₂ nanoparticles induced by La-doping
Materials Characterization 88 (2014) 30-41.
- 3 A. Golubović, B. Abramović, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, S. Armaković, I. Veljković, B. Babić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović
Improved efficiency of sol-gel synthesized mesoporous anatase nanopowders in photocatalytic degradation of metoprolol
Materials Research Bulletin 48 (4) (2013) 1363-1371.
- 4 M. Šćepanović, B. Abramović, A. Golubović, S. Kler, M. Grujić-Brojčin, Z. Dohčević-Mitrović, B. Babić, B. Matović, Z. V. Popović
Photocatalytic degradation of metoprolol in water suspension of TiO₂ nanopowders prepared using sol-gel route
Journal of Sol-Gel Science and Technology 61 (2012) 390-402
- 5 A. Golubović, I. Veljković, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, N. Tomić, D. Mijin, B. Babić
Influence of some sol-gel synthesis parameters of mesoporous TiO₂ on photocatalytic degradation of pollutants
Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly OnLine-First Issue 00 (2015) 20-20
- 6 A. Golubović, B. Simović, M. Šćepanović, D. Mijin, A. Matković, M. Grujić-Brojčin, B. Babić
Synthesis of anatase nanopowders by sol-gel method and influence of temperatures of calcination to their photocatalytic properties
Science of Sintering 47(1) (2015) 41-49

Др Мирјана Грујић-Бројчин је дала значајан допринос успешној примени Раманове спектроскопије за карактеризацију чистих и допираних нанопрахова титанијум диоксида синтетисаних сол-гел и хидротермалном методом, намењених за фотокаталитичку разградњу органских загађивача. Из резултата мерења Рамановог расејања одређене су доминантне фазе у синтетисаним наноправовима, док су димензије и напрезања у анатас нанокристалитима процењене применом МФО на измерене Раман спектре. Ови експериментални резултати су показали да су сви синтетисани TiO_2 узорци нанокристални, са доминантном анатас фазом и малим садржајем брукита. Раманова спектроскопија такође је коришћена за детектовање и одређивање специфичних површинских група (СН, ОН групе) значајних за процес фотокатализе, упркос томе што се у том спектралном региону јавља интензивна фотолуминесценција. Запажено је да је мод на $\sim 3700 \text{ cm}^{-1}$, приписан вибрацијама слободних хидроксилних група активних у процесу фотокатализе, присутан код чистих и узорака допираних лантаном који показују највећу фотокаталитичку активност.

Утицај допирања на енергетски процеп и енергије електронских прелаза др Мирјана Грујић-Бројчин испитивала је применом спектроскопске елипсометрије. Анализа резултата показала је постојање директног електронског прелаза у свим синтетисаним TiO_2 наноправовима, као и да ширина директног енергетског процепа у правовима допираним лантаном расте са повећањем концентрације La допанта у TiO_2 због присуства лантановог оксида La_2O_3 . За потребе ове анализе др Мирјана Грујић-Бројчин развила је оригинални софтвер.

Посебно значајан допринос др Мирјане Грујић-Бројчин представљају анализе резултата мерења порозности нанопрахова титанијум диоксида. Осим ВЕТ и ВЈН методе, које су уобичајене у анализи порозности, др Грујић-Бројчин је порозне структуре синтетисаних прахова анализирао применом CPS (*Corrugated pore structure*) модела, за који је креирала нумерички модел и развила одговарајући оригинални софтвер. На основу CPSM процењиван је тзв. фактор "вијугавости" (*tortuosity factor*), који даје информације о повезаности пора, односно описује транспортну динамику порозне средине, чиме посредно одређује време фотокаталитичке реакције, веома значајан параметар у анализи фотокаталитичке активности порозних материјала. Треба напоменути да се овај модел и софтвер, који се успешно користе за моделовање порозних својстава нанопрахова титанијум диоксида, могу користити и за друге порозне материјале.

На основу ових резултата, побољшана фотокаталитичка својства чистих и допираних TiO_2 нанопрахова приписана су мањој димензији наночестица, већој специфичној површини и запремини пора, као и већој комплексности порозне структуре. Присуство изолованих (слободних) хидроксилних група као изузетно активних позиција у материјалу, регистровано је у TiO_2 наноправовима са ниским садржајем La, који показују највећу активност у деградацији метопролола. У овој студији такође је показано да применом методе спектроскопске елипсометрије може бити одређена врста електронског прелаза у TiO_2 . Анализа ових резултата показује постепени раст енергетског процепа са допирањем, што може бити приписано модификацији површине наночестица TiO_2 , што је и потврђено STM-STS мерењима.

Карактеризација нанопрахова брукита синтетисаних хидротермалном методом

N. Tomić, M. Grujić-Brojčin, N. Finčur, B. Abramović, B. Simović, J. Krstić, B. Matović, M. Šćerpanović

Photocatalytic degradation of alprazolam in water suspension of brookite type TiO₂ nanopowders prepared using hydrothermal route
Materials Chemistry and Physics 163 (2015) 518-528

Нова истраживања започета су током 2013. године, са циљем да се нанопрах брукита, најређе и најмање синтетисане и испитиване модификације титанијум диоксида, синтетише релативно једноставном методом као што је хидротермална синтеза, те да се контролом и пажљивим избором параметара синтезе добију нанопрахови одређених карактеристика, који би својом ефикасношћу могли да конкуришу другим двама модификацијама TiO₂, као и комерцијалним TiO₂ фотокатализаторима.

Карактеризација TiO₂/WO₃ превлака синтетисаних плазма електролитичком оксидацијом

D. Marinčev, M. Grujić-Brojčin, S. Stevanović, M. Radović, M. Šćepanović, Z.D. Dohčević-Mitrović
The Raman spectroscopy of TiO₂/WO₃ coatings formed by plasma electrolytic oxidation
2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Programme and the book of abstracts
2CSCS-2013. June 5-7. 2013, Belgrade Serbia

Др Грујић-Бројчин је као ментор докторских студија мр Данијеле Маринчев, заједно са кандидаткињом започела проучавање TiO₂ и TiO₂/WO₃ превлака и нанопрахова. Методама Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије и спектроскопске елипсометрије, у оквиру истраживања оксидних превлака за фотокаталитичке примене, детаљно се разматрају фононска и електронска структура ових превлака, са циљем да се установи какав утицај имају структура превлака и учешће волфрам триоксида у фотокаталитичкој деградацији органских загађивача (пре свега фармацеутских једињења метопролола и алпразолама).

Предавање по позиву из области оптичке карактеризације оксидних нанопрахова

M. Grujić-Brojčin, M. Šćepanović, Z.V. Popović
Numerical Models in Analysis of Morphological Properties of Oxide Nanopowders
SFKM, The 19th Symposium on Condensed Matter Physics, November 09-11, 2015,
Belgrade, Book of Abstracts p.2

Др Грујић-Бројчин ове године је одржала предавање по позиву у коме је представљен преглед нумеричких симулација које су развијене и коришћене за моделовање оптичких и порозних својстава оксидних нанопрахова, са акцентом на примену ових метода у дизајну наноматеријала са специфичним својствима за практичне примене у фотокаталитичкој деградацији органских загађивача (фармацеутски, пестициди, хербициди).

3. Примена метода оптичке спектроскопије у заштити објеката културног наслеђа

Др Мирјана Грујић-Бројчин започела је 2013. године активности у новој научној области - Археометрији. Археометрија је научна дисциплина која се бави испитивањем и тумачењем својстава објеката културног наслеђа (археолошких материјала и уметничких дела) методама и техникама природних и техничких наука. У оквиру ове активности, др Грујић-Бројчин применила је методе оптичке спектроскопије у области проучавања и заштите културних добара, посебно пигмената и бојених површина и археолошких керамика. Методе Раманове, инфрацрвене и фотолуминесцентне спектроскопије др Грујић-Бројчин користила је у испитивању археолошких керамика са циљем да се добију прецизније информације о тзв. *историји материјала* (саставу и пореклу сировине, технологији производње и обраде, температури печења и слично) и у корелацији са резултатима примене других метода експерименталне физике дође до сазнања која су неопходна за исправно тумачење артефаката у археолошким истраживањима.

Примена Раманове спектроскопије за проучавање културног наслеђа

- 1 M. Grujić-Brojčin, M. Šćepanović
THE APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY IN THE ANALYSIS OF ANCIENT CERAMICS
3CSSCS-2015, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, June 15-17, 2015, Belgrade, Book of Abstracts, p. 49
- 2 M. Grujić-Brojčin, D. Rogić, M. Gajić-Kvašćev, M. Šćepanović
The Application of Raman Spectroscopy in Cultural Heritage: A Preliminary Study of Blue Pigments from Fresco Painted Tomb from Sirmium
AIS3 - Italian - Serbian Bilateral Workshop on "Science for Cultural heritage", Eds. P Batinelli, J. Striber, November 12, 2013, Museum of Yugoslav History, Belgrade, pp. 111-116
- 3 M. Grujić-Brojčin, I. Vranić, M. Gajić-Kvašćev, M. Šćepanović
Primena Ramanove spektroskopije za proučavanje kulturnog nasleđa: prvi rezultati ispitivanja keramike sa lokaliteta Kale-Krševica
LANTERNA - Nuklearne i druge analitičke tehnike u izučavanju kulturnog nasledja - zaštita baštine između prirodnih i društvenih naučnih oblasti - I nacionalni skup, 3 Novembar 2014., Novi Sad, Knjiga apstrakata, p.16

Др Мирјана Грујић-Бројчин је у сарадњи са колегама из Института за нуклеарне науке Винча 2013. године започела испитивање плавих пигмената са античких фресака пронађених у гробовима на локалитету Сирмиум, Сремска Митровица. Од 2013. године кандидаткиња се такође бавила испитивањем археолошких керамика из IV-III века п.н.е. са налазишта Кале Кршевица (Србија) у сарадњи са Институтом за нуклеарне науке Винча и Институтом за археологију САНУ, са циљем да се применом Раманове спектроскопије установи састав керемичких узорака и изврши раздвајање по пореклу (локално произведене и импортне керамике). У оквиру билатералног пројекта "Scientific and technological cooperation between Sapienza University of Rome and University of Belgrade in the area of Cultural Heritage" (који је Институт за физику потписао са Универзитетом Сапиенца у Риму за период 2013-2015. и 2016-2018.), Др Мирјана Грујић-Бројчин бави се координацијом пројектних активности и руководи применом Раманове спектроскопије у испитивању карактеристика исламске керамике

из XI века нове ере са налазишта краљевске палате султана Ghaznavide Mas'uda III, локалитет Ghazni, Авганистан, са циљем одређивања састава керамичких узорака, који су произведени по узору на познате "Изник" керамике.

У оквиру ове области, кандидаткиња је одржала неколико предавања по позиву објављених у изводу или у целини.

Такође, 2 публикације из ове области прихваћене су за објављивање (од којих једна у водећем националном тематском зборнику):

- 1 M. Grujić-Brojčin, I. Vranić, M. Gajić-Kvašček, M. Šćepanović, V. Krstić
Arheološki lokalitet „Kale“ u Krševici: preliminarno istraživanje porekla i tehnologije izrade keramičkog materijala primenom ramanove i XRF spektroskopije
Tematski zbornik LANTERNA 2014 (ISBN 978-86-7306-132-0, ISBN 9788683603893) Institut za nuklearne nauke Vinča i Galerija Matice srpske, pp. P1-P15.
- 2 M. Grujić-Brojčin, Maja Šćepanović, A.C. Felici, and Maja Gajić-Kvašček
The Identification of Titania Polymorphs in Different Samples of Cultural Heritage by Raman Spectroscopy
AIS3 - Italian - Serbian Cooperation on Science, Technology and Humanities,
Belgrade, Nov 16, 2015.

Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата др Мирјане Грујић-Бројчин

1. Показатељи успеха у научном раду

1.1. Награде и признања за научни рад

Пре претходног избора у звање

Награда за најбољу постер презентацију на међународној конференцији European Materials Research Society, Simposium A: Raman scattering in Materials Science, одржаној у Варшави 15-19 септембра 2008, за рад „*Use of Phonon Confinement Model in Simulation of Raman Spectra of Nanostructured Materials*“, аутора М. Grujić-Brojčin et al.

Рад под насловом: Temperature-dependent Raman study of $\text{Ce}_{0.75}\text{Nd}_{0.25}\text{O}_{2-\delta}$ nanocrystals, на коме је др Грујић-Бројчин један од коаутора, публикован у једном од наутицајнијих часописа из физике чврстог стања - *Applied Physics Letters* 91 (2007) 203118, од стране Америчког Института за физику и Америчког Физичког Друштва изабран је као један од тридесет радова из граничних истраживања у области нанонауке и нанотехнологије публикованих у америчким часописима највеће међународне репутације током 2007. године.

1.2. Уводна предавања на конференцијама и друга предавања по позиву

Након избора у звање

Аутор је 1 предавања по позиву на националном скупу и коаутор 2 предавања по позиву на међународним конференцијама из области примене спектроскопских метода у проучавању наноматеријала публиковане у целини:

- 1 M. Grujić-Brojčin, M. Šćepanović, Z.V. Popović
Numerical Models in Analysis of Morphological Properties of Oxide Nanopowders
SFKM, The 19th Symposium on Condensed Matter Physics, November 09-11, 2015,
Belgrade, Book of Abstracts p.20
- 2 Z.V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin and S. Aškrabić
"Raman scattering on nanomaterials and nanostructures", "Optical and Vibrational
Spectroscopies" Symposium a tribute to Manuel Cardona, August 18-20, Queretaro Mexico
- 3 Maja Šćepanović, Mirjana Grujić-Brojčin, Zorana Dohčević-Mitrović, and Zoran V.
Popović
Investigation of vibrational and electronic properties of oxide nanopowders by
spectroscopic methods
Journal of Physics: Conference Series 253 (2010) 012015

Аутор је 2 предавања по позиву (једно на међународном и једно на националном скупу) из области примене метода експерименталне физике у проучавању и заштити културног наслеђа:

- 4 M. Grujić-Brojčin, M. Šćepanović
THE APPLICATION OF RAMAN SPECTROSCOPY IN THE ANALYSIS OF ANCIENT
CERAMICS
3CSSCS-2015, 3rd Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, June 15-17,
2015, Belgrade, Book of Abstracts, p. 49
- 5 M. Grujić-Brojčin, I. Vranić, M. Gajić-Kvašček, M. Šćepanović
Primena Ramanove spektroskopije za proučavanje kulturnog nasleđa: prvi rezultati
ispitivanja keramike sa lokaliteta Kale-Krševica
*LANTERNA - Nuklearne i druge analitičke tehnike u izučavanju kulturnog nasleđa - zaštita
baštine između prirodnih i društvenih naučnih oblasti* - I nacionalni skup, 3 Novembar
2014., Novi Sad, Knjiga apstrakata, p.16

ПРИЛОГ: Позивна писма и/или списак предавача по позиву.

Пре претходног избора у звање

Коаутор је 2 пленарна предавања на скуповима међународног значаја и 4 предавања по позиву, од којих 2 на скуповима међународног значаја.

Предавање по позиву са међународног скупа објављено у целини

- 6 Z. V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović and M. Grujić-Brojčin
Nanopowders characterization using the vibrational spectroscopy methods, Proc. 1st
International Workshop on Nanoscience & Nanotechnology IWON 2005, Belgrade, Serbia
and Montenegro, pp. 88-93 (2005)
- 7 M. J. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, Z. Dohčević-Mitrović, Z. Popović, *Vibrational*

spectroscopy methods in the characterization of nanostructured materials, 14th ISCMP, Advances in physics and technology of solids and soft condensed matter, Varna (2006)

- 8 Z. V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović and M. Grujić-Brojčin, Nanopowders Characterization using the Optical spectroscopy methods, 11th International ceramic Congress-CIMTEC (2006), Acireale, Sicily, Italy

Предавање по позиву са међународног скупа објављено у изводу

- 9 Z. V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović and M. Grujić-Brojčin *Characterization of nanopowders using optical methods* 6th International Conference of the Balkan Physical Union-BPU, Istanbul, Turkey, August 22-26, 2006, Book of Abstracts p.50

Предавање по позиву са скупа националног значаја објављено у целини

- 10 Z. D. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović, I. Hinić, M. Grujić-Brojčin, G. Stanišić and Z. V. Popović, *Raman and infrared study of nanostructured materials*, XVI National Symposium on Condensed Matter Physics SFKM 2004, Sokobanja, Serbia and Montenegro, Program and Contributed Papers, 78-85 (2004)
- 11 M. Šćepanović, Z. D. Dohčević-Mitrović, M. Grujić-Brojčin and Z. V. Popović, *Vibrational Spectroscopy Methods as a Powerful Tool for Nanomaterials Characterization*, XII Symposium on Condensed Matter Physics – SFKM 07, Vršac – Serbia, Program and Contributing Papers pp. 18-25

1.3. Рецензије у међународним часописима

Након претходног избора у звање др Мирјана Грујић-Бројчин била је рецензент у више међународних часописа, међу којима су:

Journal of Optics
Processing and Application of Ceramics
Materials Science and Engineering B
physica status solidi
Materials Chemistry and Physics

ПРИЛОГ: копије електронске комуникације којима се потврђује учешће у рецензијама међународних радова.

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

2.1. Допринос развоју науке у земљи

После избора у звање

Др Мирјана Грујић-Бројчин је својим активностима и експертизом значајно допринела систематизацији метода за моделовање оптичких и порозних својстава наноматеријала, са циљем успостављања општих принципа обраде експерименталних резултата и јасне корелације између појединих параметара нумеричких модела и реалних карактеристика наноструктурних система.

Захваљујући овим активностима, др Мирјана Грујић-Бројчин је као коаутор 2011. године учествовала у изради научне **монографије** националног значаја "Оптичка својства наноматеријала" (З. Дохчевић-Митровић, М. Шћепановић, М. Грујић-Бројчин, З. В. Поповић). Ова монографија делом је настала из докторске дисертације др Грујић-Бројчин („Оптичка спектроскопија оксидних нанопрахова“ одбрањена 2008. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду), и представља прву публикацију из ове области на српском језику, чиме значајно доприноси систематизацији научне грађе из ове области и образовању младих научника у нашој земљи. Ова монографија даје преглед експерименталних метода оптичке спектроскопије (Раманова, фотолуминесцентна, инфрацрвена спектроскопија, спектроскопска елипсометрија) и њихове примене на различите наноструктурне материјале (оксидне нанопрахе чистих и допираних TiO_2 , CeO_2 , затим механички активирани ZnO нанопрахе итд.), као и бројне методе који се користе за моделовање вибрационих спектра ових материјала.

Својим ангажовањем, Др Мирјана Грујић-Бројчин такође је дала значајан допринос формирању **центра изврности** *Centre of Excellence for Optical Spectroscopy Applications (OPSA) in Physics, Material Science and Environmental Protection*, који је финансиран од стране Европске заједнице у оквиру ФП6 програма (2006- 2009), што је довело и до признавања Центра за физику чврстог стања и нове материјале, Института за физику, као Националног центра изузетних вредности за област нанонауке и нанотехнологије.

Од 2013. године др Грујић-Бројчин бави се **новом истраживачком облашћу**, Археометријом, и у оквиру ње применом метода оптичке спектроскопије (Раманове, фотолуминесцентне и инфрацрвене) у проучавању објеката културног наслеђа. Наиме, систематска примена ових спектроскопских метода за истраживање објеката културног наслеђа и научна анализа добијених резултата представљају нови корак у научним истраживањима ове врсте код нас. Посебан фокус истраживања кандидаткиње представља проучавање керамичких материјала са циљем проналажења археолошки релевантних параметара процеса производње и класификације узорака према начину производње и пореклу.

Пре претходног избора у звање

У оквиру истраживања везаних за докторску тезу, др Мирјана Грујић-Бројчин дала је оригиналан допринос развоју и усавршавању нумеричких модела везане за вибрациону спектроскопију наноструктурних материјала и израдила одговарајуће програмске пакете за њихову примену. Ова истраживања обухватају модел фононске локализације и генералисани модел ефективне средине, који представљају базичне моделе приликом правилне интерпретације Раманових и инфрацрвених спектра наноструктурних материјала. Модели фононске локализације примењени су на широку класу наноструктурних материјала (нанопрахови, квантне жице, танки филмови итд.), обухватајући следеће ефекте: фононску локализацију, дистрибуцију димензија наночестица, микронапрезање, нестехиометрију и анхармонијски ефекат. Генералисани модели ефективне средине коришћени су у анализи ИЦ спектра наноматеријала, са циљем да се одреди утицај запреминског учешћа нанопраха, величине и облика наночестица, односно пора у њему и такође је примениван је на широкој класу порозних нанопрахова и нанокомпозита. Др Мирјана Грујић-Бројчин такође је радила је на моделима који омогућавају раздвајање учешћа различитих фотолуминесцентних механизма, повезаних са радијативном рекомбинацијом посредством одређених локализованих нивоа унутар забрањене зоне у оксидним

нанопрахovima, са циљем раздвајања утицаја ефеката карактеристичних за оксидне нанопрахове (нестехиометрија (кисеоничне ваканције), површинска стања и самозаробљен ексцитони).

Усавршавање ових модела представља значајан практични напредак у проучавању структурних, оптичких и електронских особина нанокристалних материјала. Систематизација и анализа експерименталних резултата доприносе формирању потпуније слике о наноструктурним материјалима и дају значајан допринос разумевању утицаја услова синтезе на њихове жељене карактеристике и потенцијалну примену. У оквиру домаћих и међународних пројеката на којима др Грујић-Бројчин учествовала, ови модели и софтвери коришћени су за анализу спектра разноврсних наноструктурних материјала чистих и допираних TiO_2 и CeO_2 нанопрахова, $ZnSe-SiO_x$ мултислојева, GeS_2-CdSe мултислојева итд. Овим истраживањима и личним залагањем др Грујић-Бројчин допринела је бољем разумевању својстава нанокристалних материјала.

2.2. Менторство и сарадња при изради магистарских и докторских теза

Кандидаткиња је учествовала у изради једне магистарске и две докторске тезе. Дала је допринос у развоју модела и софтвера, нумеричкој обради и тумачењу експерименталних резултата добијених применом Раманове спектроскопије:

- 1 Докторска теза др Катарине Војисављевић, под називом "Модификација структуре и својстава цинк-оксида индукована механичком активацијом", одбрањене 2010. године на Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Из ове тезе проистекла су **3 заједничка рада категорије M21, 1 рад M23 и 1 саопштење M34:**
 - (1) K. Vojisavljević et al. J. Phys.: Condens. Matter **20 (47)** (2008) 475202
 - (2) M. Šćerpanović et al. Journal of Applied Physics 109 (2011) 034313
 - (3) M. Šćerpanović et al. Journal of Raman Spectroscopy 41 (2010) 914
 - (4) M. Šćerpanović et al. Acta Physica Polonica A 112 (2007) 1019
 - (5) K. Vojisavljević et al. 1st Conference of Serbian Ceramics Society 1CSCS 2011, Belgrade
- 2 Докторска теза др Соње Ашкрабић под називом "Фонони и дефектна стања у оксидним наноматеријалима" одбрањене 2014. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Из ове тезе проистекла су **3 заједничка рада категорије M22 и M23 и 2 саопштења M34:**
 - (1) Z.V. Popović et al. Annalen Der Physik 523(1-2) (2011) 62
 - (2) M. Šćerpanović et al. Int J of Mod Physics B 24(6-7) (2010) 667
 - (3) M. Šćerpanović et al. Acta Physica Polonica A 116 (1) (2009) 94
 - (4) S. Aškračić et al. 1st International Conference from Nanoparticles & Nanomaterials to Nanodevices & Nanosystems, Halkidiki Greece, 2008
 - (5) M. J. Šćerpanović et al. 9th YUCOMAT 07, Herceg Novi, 2007
- 3 Магистарска теза др Марка Радовића, под називом „Структурна и вибрациона својства $Ce_{1-x}A_xO_{2-y}$ ($A=Nd, Gd, Ba$) нанокристала“, одбрањене 2008. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Из ове сарадње објављена су **2 заједничка рада из категорије M21 и M22 и један рад у домаћем часопису M52, као и 4 излагања M34:**
 - (1) Z. D. Dohčević-Mitrović et al., Appl. Phys. Lett. 91 (2007) 203118
 - (2) M. Radović et al. Science of Sintering 39 (2007) 281

- (3) N. Ž. Lazarević, *Hemijska industrija* 63 (3) (2009) 221
- (4) Z. D. Dohčević-Mitrović et al. ICSAM-2007, International conference on structural analysis of advanced materials 2007 Patras Greece
- (5) M. Grujić-Brojčin et al. 6th International Conference of the Balkan Physical Union-BPU 2006, Istanbul, Turkey
- (6) S. Aškrabić et al. 1st International Conference from Nanoparticles & Nanomaterials to Nanodevices & Nanosystems, Halkidiki Greece, 2008
- (7) Z. D. Dohčević-Mitrović et al. 2nd INTERNATIONAL CONGRESS ON CERAMICS, Verona 2008.

Др Грујић-Бројчин је ментор докторских студија кандидаткиње мр Данијеле Маринчев на Физичком факултету Универзитета у Београду, са којом у Центру за физику чврстог стања и нове материјала Института за физику ради на истраживању наноструктура (превлака и нанопрахова) на бази оксида титанијума и волфрама на и до сада има једну заједничку публикацију на међународној конференцији М34 (D. Marinčev, M. Grujić-Brojčin et al. "The Raman spectroscopy of TiO₂/WO₃ coatings formed by plasma electrolytic oxidation", 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Programme and the book of abstracts 2CSCS-2013. June 5-7. 2013, Belgrade),

Кандидаткиња је сарађивала у неколико истраживања у којима је за потребе изучавања различитих наноструктура допринела оригиналним софтвером чији је аутор и одговарајућим прилагођењима феноменолошких модела и софтвера за конкретне наноматеријале, затим асистенцијом при извођењу прорачуна, као и у тумачењем дела резултата који су се односили на Раманову спектроскопију наноматеријала, а који су касније коришћени током израде докторских дисертација. Докази о сарадњи дати у прилогу виду **захвалница у међународним радовима са ISI листе (M21, M22):**

- (1) Golubovic et al. 2009 *J. Sol-Gel Sci Technol* 49;
- (2) Lukovic-Golic et al. 2011 *Nanotechnol.* 22
- (3) Scepanovic et al. 2009 *Acta Physica Polonica A* 115
- (4) Zdravkovic et al. 2015 *Ceram. Int.* 41.

ПРИЛОГ: Релевантне странице теза као доказ да је кандидаткиња учествовала у њиховој реализацији, потврда са факултета, потврде шефа пројекта; заједнички радови са кандидатима (прва страна), захвалнице у радовима са ISI листе у којима колеге кандидати потврђују сарадњу (прва и последње стране); одговарајући радови у целини приложени су у библиографији.

2.3. Међународна сарадња

После избора у звање

Др Мирјана Грујић-Бројчин активно учествује у **4 пројекта међународне сарадње:**

- 1 У билатералном пројекту "Scientific and technological cooperation between Sapienza University of Rome and University of Belgrade in the area of Cultural Heritage" Центра за физику чврстог стања и нове материјал Института за физику и Универзитетом Сапиенца у Риму (који је потписан најпре за период 2013-2015, а затим 2016-2018. године), др Мирјана Грујић-Бројчин се веома активно бави применом Раманове спектроскопије у области проучавања и заштите културних добара, односно изучавањем бојених површина и керамика са античких и средњевековних налазишта на са територије Републике Србије и из иностранства.
- 2 Од 2014. године кандидаткиња сарађује и на пројекту билатералне сарадње

- „Competition between s-wave and d-wave pairing channels and Fe -vacancy ordering in tetragonal β -Fe $_{1+x}$ Se“ са немачким институтом Walther-Meissner из Минхена.
- 3 Кандидаткиња даје значајан допринос континуираној билатералној сарадњи Центра за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику и Института за физику чврстог стања Бугарске академије, која се тренутно реализује у оквиру пројекта: "Raman Scattering and Photoluminescence from Semiconductor Nanoparticles".
 - 4 Током 2009-2012. године кандидаткиња је активно учествовала на пројекту билатералне сарадње SCOPES са Институтом за физику полимера Федералног техничког института Цирих (ETH Zurich) из Швајцарске у оквиру ког се бавила Рамановом спектроскопијом нанопрахова за фотокаталитичке примене и нумеричким симулацијама Раманових спектра и порозних својстава оксидних нанопрахова.

ПРИЛОГ: потврде о учешћу на билатералним пројектима.

Пре избора у претходно звање

- 5 Током 1999. године др Мирјана Грујић-Бројчин провела је неколико месеци на студијском боравку у Москви, у Институту за аналитичку хемију и геохемију „Вернадски“ Руске Академије Наука, у Лабораторији за спектроскопију и молекуларно моделовање, под руководством академика проф. др Лава А. Грибова. На основу ове сарадње кандидаткиња је објавила 4 рада у међународним и 2 у домаћим часописима и одбранила магистарску тезу под насловом „Вибрациона спектроскопија једнослојних угљеничних нанотуба” на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, у августу 2000. године.

2.4. Организација научних скупова

После избора у звање

Др Мирјана Грујић-Бројчин је као **члан организационог одбора учествовала у организацији 3 научне конференције** које је организовало Друштво за керамичке материјале Србије, и то 2011. године као национални, а затим, 2013. и 2015. године, као међународни скупови:

- 1 Прву конференцију Друштва за керамичке материјале Србије, 17-18. марта 2011. године у Београду
- 2 The 2nd Conference of Serbian Society for Ceramic Materials, June 5-7, 2013 (Belgrade Serbia)
- 3 Third Conference of Serbian Society for Ceramic Materials, June 15 – 17th, 2015 (Belgrade Serbia).

ПРИЛОГ: копије одговарајућих страница књига апстраката.

Пре избора у претходно звање

- 4 Др Мирјана Грујић-Бројчин била је ангажована у организационом одбору XVI Националног симпозијума о физици кондензоване материје СФКМ 2004 (20-23 септембар 2004, Сокобања)
- 5 Такође је учествовала у организацији конференције Физика и технологија материјала ФИТЕМ 05 (Чачак, 31.07.-03.08. 2005.) и ФИТЕМ 07 (Чачак, 6-8. август

2007.)

3. Организација научног рада

3.1 Руководјење потпројектима и пројектним задацима

У периоду 2011-2015. године, након избор у претходно звање, руководи једним потпројектом и једним пројектним задатком:

- 1 **Руководилац пројектног задатка** "Теоријски прорачуни и нумеричке симулације" у оквиру потпројекта "Нанооксидни материјали за примене у технологијама заштите животне средине" пројекта III45018 "Наноструктурни мултифункционални материјали и нанокомполити" (2011-2015)
- 2 **Руководилац потпројекта** "Физика нанооксидних магнетних материјала" на пројекту ОН171032 „Физика наноструктурних оксидних материјала и јако корелираних система“ (2011-2015)

Прилог: потврде руководиоца пројекта и испис из базе Министарства просвете науке и технолошког развоја.

3.2 Учешће на европским пројектима:

Након избора у претходно звање кандидаткиња учествује у 4 европска пројекта:

- 1 2006-2009. године др Мирјана Грујић-Бројчин учествује у међународном пројекту *Centre of Excellence for Optical Spectroscopy Applications (OPSA-026283) in Physics, Material Science and Environmental Protection*, који се финансира од стране Европске заједнице у оквиру **FP6 програма (2006-2009)** и својим радом доприноси успешној реализацији овога пројекта;
- 2 **NANO-ET (FP7-REGPOT-2010-1)** под називом "Research potential reinforcement in the processing of Nano-structured Oxide-Based Materials for Environmental Technologies"
- 3 Учествује у **DAFNEOX - Designing Advanced Functionalities through controlled NanoElement Integration in Oxide Thin Films** Marie Sklodowska Curie пројекту **H2020-MSCA-RISE-2014**.
- 4 Координатор је иницијативе и пројектног предлога *SciTeCH - European Joint Doctorate in Science and Tecnology for Cultural Heritage*, у оквиру Marie Sklodowska-Curie Actions - Innovative Training Networks (ITN) (позив **H2020-MSCA-ITN-2016**) у коме учествује 16 европских универзитета и неакадемских институција релевантних за област проучавања и конзервације културног наслеђа у Европи.

ПРИЛОГ: потврде о учешћу на европским пројектима.

Пре избора у претходно звање:

- 5 2007-2008. године др Грујић-Бројчин је учествовала у европском пројекту (**STREP FP6**, No. 517039) под називом "Controlling Mesoscopic Phase Separation – CoMePhS".

3.3 Учешће на иновационим пројектима:

Кандидаткиња је након претходног избора у звање активно учествовала и допринела успешној реализацији **2 иновациона пројекта** који су се односили на синтезу оксидних нанопрахова за различите примене:

- 1 2008-2009. године иновациони пројекат „Производња нанопрахова чистог и допираног анатаса врхунског квалитета помоћу сол-гел технологије“
- 2 2012-2013. године иновациони пројекат "Производња висококвалитетних TiO_2 нанопрахова ефикасних у фотокаталитичкој разградњи органских загађивача"

4. Квалитет научних резултата

Кандидаткиња је у свом досадашњем раду публиковала **87 научних радова**, од чега 42 радова у међународним часописима са ISI листе: **17 радова категорије M21** (врхунски међународни часописи), **7 категорије M22** (водећи међународни часописи) и **18 радова категорије M23** (међународни часописи са ISI листе). На међународним скуповима има 6 предавања по позиву: 3 публикована у целини (M31), 3 публикована у изводу (M32); 1 саопштење штампано у целини (M33) и 9 саопштења штампаних у изводу (M34). На националним конференцијама кандидаткиња има 2 предавања по позиву публикована у целини (M61) и 1 у изводу (M62), као и 7 саопштења штампаних у целини (M63) и 13 у изводу (M64). Коаутор је једне монографије од националног значаја M41, 2 рада на српском језику објављена у домаћим часописима националног значаја (M52) и 2 рада у националним часописима M52.

Након претходног избора у звање кандидаткиња је објавила **30 публикација**, од чега 18 у међународним часописима са ISI листе: **9 радова категорије M21** (врхунски међународни часописи), **2 категорије M22** (водећи међународни часописи) и **7 радова категорије M23** (међународни часописи са ISI листе). На међународним скуповима има 4 предавања по позиву објављена у изводу (M32) од чега 2 као позвани аутор, 2 саопштења објављена у целини (M33) и два у изводу (M34). На националним конференцијама коаутор је 1 предавања по позиву публикованог у изводу (M62) и два саопштења објављена у изводу. Коаутор је једног рада у националном часопису (M52) и једне монографије националног значаја (M41), као и једног поглавља у тематском зборнику (M44).

4.1. Утицајност научних радова кандидаткиње

Према подацима индексне базе Web of Science на дан 07. децембра 2015. године радови др Мирјане Грујић Бројчин цитирани су **368 пута**, од чега **334 пута без аутоцитата**, са h - индексом једнаким 10.

Према подацима са сајта Google Scholar од истог дана радови кандидаткиње цитирани су **514 пута** са h - индексом који износи 13.

Пет најцитиранијих радова кандидаткиње према сајту Google Scholar:

	Број цитата
1 Šćepanović, M., Grujić-Brojčin, M., Vojisavljević, K., Bernik, S., Srećković, T. Raman study of structural disorder in ZnO nanopowders	86

(2010) Journal of Raman Spectroscopy, 41 (9), pp. 914-921.

- 2 Z. D. Dohčević-Mitrović, M. J. Šćepanović, M.U. Grujić-Brojčin, Z.V. Popović, S.B. Bošković, B. M. Matović, M.V. Zinkevich, F. Aldinger
The size and strain effects on the Raman spectra of $Ce_{1-x}Nd_xO_{2-\delta}$ ($0 \leq x \leq 0.25$) nanopowders, Solid State Communications 137 (2006) 387–390 76
- 3 M. Grujić-Brojčin, M. J. Šćepanović, Z. D. Dohčević-Mitrović, I. Hinić, B. Matovic, G. Stanišić, and Z. V. Popović
Infrared study of laser synthesized anatase TiO_2 nanopowders
Journal of Physics D: Applied Physics 38 (2005) 1415-1420 54
- 4 M. J. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, Z. D. Dohčević-Mitrović, Z. V. Popović
Characterization of Anatase TiO_2 Nanopowder by Variable-Temperature Raman Spectroscopy
Science of Sintering, 41 (2009) 67-73 42
- 5 Z. D. Dohčević-Mitrović, M. Grujić-Brojčin, M. Šćepanović, Z. V. Popović, S. Bošković, B. Matović, M. Zinkevich and F. Aldinger
 $Ce_{1-x}Y(Nd)_xO_{2-\delta}$ nanopowders: potential materials for intermediate temperature solid oxide fuel cells 39
J. Phys.: Condens. Matter 18 (2006) S2061–S2068

4.2. Параметри квалитета часописа и позитивна цитираност кандидатових радова

Након претходног избора у звање, од укупно 18 радова из групе М20, кандидаткиња у је у категорији М21 већину радова објавила у врхунским и водећим часописима са ISI листе који су релевантни у областима *Material Science - Multidisciplinary*, *Ceramics*, *Characterization and Testing* итд. Ови часописи баве се доминантно мултидисциплинарном тематиком наноматеријала и нанотехнологија, методама карактеризације, керамичким материјалима и материјалима који су кандидати за фотокаталитичке примене. У табели су приказани тренутни импакт фактори и позиције неких од ових часописа у одговарајућим областима (извор: КОБСОН):

	IF2014	Позиција часописа (2014)
Journal of Applied Crystallography	3.984	Crystallography (3/23)
Annalen der Physik	3.048	Physics, Multidisciplinary (12/78)
Journal of Raman Spectroscopy	2.671	Spectroscopy (11/44)
Ceramics International	2.605	Materials Science, Ceramics (4/26)
Materials Research Bulletin	2.288	Materials Science, Multidisciplinary (67/260)
Materials Chemistry and Physics	2.259	Materials Science, Multidisciplinary (69/260)
Journal of Nanoparticle Research	2.184	Materials Science, Multidisciplinary (76/260)
Journal of Applied Physics	2.183	Physics, Applied (42/144)
Materials Characterization	1.845	Materials Science, Characterization & Testing (4/33)
Journal of Sol-Gel Science and Technology	1.532	Materials Science, Ceramics (7/26)

4.3. Ефективни број радова и број радова нормиран на основу броја коаутора

У категорији међународних радова са ISI листе, од 18 радова објављених у категорији М20 после избора у претходно звање, 13 радова има 7 и мање аутора.

Из категорије радова М21 објављених након претходног избора у звање сви радови осим радова нумерисаних са 2 и 5 баве се процесима синтезе и карактеризације синтетисаних наноматеријала (видети Списак радова). Радови 2 и 5 баве се применом метода нумеричке симулације у инфрацрвеној и Раманових спектроскопији наноматеријала, редом, и имају мање од 7 аутора. Радови 8 и 9 баве се модификацијом метода синтезе и оптичком карактеризације ZnO нанопрахова и нумеричким моделима за обраду и тумачење експерименталних резултата и такође имају мање од 7 аутора. Сви ови радови се узимају са пуном тежином.

Радови 1, 3, 4, 6 и 7 из категорије М21 баве се синтезом и карактеризацијом чистих и допираних нанопрахова титанијум диоксида, са циљем да се тестира њихова ефикасност у фотокаталитичкој деградацији специфичних органских загађивача. По својој природи оваква истраживања увек укључују већи број истраживача из више институција, било због специфичности синтезе, било због сложености карактеризације, тј. неопходности примене већег броја експерименталних техника које се по правилу не могу све наћи у једној институцији, због чега је на изради ових радова учествовао број аутора већи од 7 (редом: 8, 10, 10, 9 и 9 аутора).

Рад из категорије М22 се узима у пуној тежини (4 аутора).

На 8 радова из категорије М23 објављених након избора у претходно звање учествовало је 7 и мање аутора и сви се узимају са пуном тежином, јер се ради о експерименталним радовима.

Имајући у виду укупан број радова кандидаткиње и број бодова из групација М20, М30 и М40, нормирање радова са бројем аутора већим од 7 не би утицало значајно на укупне квалификације кандидаткиње за избор у звање научни саветник.

4.4. Степен самосталности и степен учешћа кандидата у реализацији научних радова у научним центрима у земљи и иностранству

Сви радови из категорије М21, који су публиковани након претходног избора у звање, рађени су у сарадњи са другим институцијама у земљи и иностранству. Само радови М22 и радови нумерисани са 3, 5 и 7 из категорије М23 урађени су у потпуности у оквиру Центра за физику чврстог стања и нове материјале Института за физику.

Др Мирјана Грујић Бројчин је од свих М20 радова објављених после њеног избора у претходно звање 2 пута била први аутор, а 8 пута други аутор. У овим радовима кандидаткиња се бавила организацијом и спровођењем истраживања или њихових значајних делова, било да су у питању експериментална мерења или нумеричке симулације и тумачење добијених резултата.

У свим наведеним радовима из библиографије, кандидаткиња је у великој мери учествовала у обради и тумачењу експерименталних резултата, што је најчешће обухватало примену нумеричких модела и оригиналног софтвера које је кандидаткиња у ту сврху развила. Она је такође била је незаменљива и у писању и припреми радова за објављивање, као и комуникацији са рецензентима и издавачима током поступка објављивања.

У радовима 1, 3, 4, 6 и 7 из категорије М21, који су рађени у сарадњи са домаћим научним институцијама (Институт Винча, Технолошки и Рударски факултет Универзитета у Београду, Хемијски факултет Универзитета у Новом Саду), др Мирјана Грујић Бројчин, сарађивала је у експерименталном делу рада (Рамановој и

фотолуминесцентној спектроскопији и спектроскопској елипсометрији) и руководила и или/самостално спроводила део истраживања који се односи на креирање нумеричких модела, софтвера и њихове примене на конкретне експерименталне резултате из области Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије, спектроскопске елипсометрије и области моделовања порозних својстава фотокатализатора.

У раду M21 под редним бројем 2, кандидаткиња је самостално спровела креирање и примену нумеричких модела и кодова у области инфрацрвене спектроскопије оксидних нанопрахова и поређење резултата различитих нумеричких симулација. У раду M21 под редним бројем 5 др Грујић-Бројчин самостално је обрађивала експерименталне резултате Раманове спектроскопије (мерене у следећим институцијама: Institut für Mineralogie, Leibniz Universität Hannover, Germany, CNRS and Université Pierre and Marie Curie, France) нумеричким методама које је прилагодила испитиваним материјалима.

У радовима 8 и 9 из категорије M21 у сарадњи са Центром за мултидисциплинарне студије Универзитета у Београду, др Мирјана Грујић Бројчин је уз коришћење софтвера чији је аутор, учествовала у нумеричкој обради и тумачењу експерименталних резултата, који су део докторске тезе др Катарине Војисављевић.

У свим радовима из категорија M22 и M23 насталим након избора у претходно звање, кандидаткиња је учествовала у свим фазама експерименталног рада, самостално развијала нумеричке моделе и кодове, бавила се обрадом експерименталних резултата, као и писањем значајног дела радова везаног за тумачење и поређење експерименталних и нумеричких резултата.

Др Мирјана Грујић-Бројчин је током 2015. године одржала 3 предавања по позиву, једно на међународном скупу, из области нумеричких симулација у оптичкој спектроскопији порозних наноматеријала, и 2 из области примене експерименталних метода оптичке спектроскопије у проучавању културног наслеђа (1 на скупу националног значаја и 1 на међународним скупу).

Кандидаткиња је дала велики допринос као коаутор монографије од националног значаја (Оптичка спектроскопија наноматеријала, M41) директно се бавећи поглављима која се односе на инфрацрвену, Раманову и фотолуминесцентну спектроскопију оксидних нанопрахова, а посебно резултатима бројних нумеричких симулација, проистеклих из њене докторске тезе и каснијих истраживања.

4.5. Значај радова

Др Мирјана Грујић-Бројчин је као истраживач и аутор развила методе за моделовање инфрацрвених, Раманових и фотолуминесцентних спектра широке класе наноматеријала, пре свега оксидних нанопрахова, као и софтвер за моделовање порозних својстава мезопорозних нанопрахова, који је коришћен у великом броју публикованих истраживања и неколико докторских дисертација.

Кандидаткиња је дала значајан допринос карактеризацији и моделовању оптичких својстава чистих и допираних оксидних наноматеријала на путу повезивања услова синтезе наноструктура са њиховим циљаним карактеристикама за потребе специфичних примена, као што је фотокатализа органских загађивача животне средине (лекова, пестицида, хербицида).

Последњих година препозната је као веома активан истраживач у области примене инфрацрвене, Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије у проучавању објеката културног наслеђа (бојених површина, античких и средњовековних керамика),

где активно учествује у широкој иницијативи изучавања и конзервације културног наслеђа Републике Србије.

4.6. Допринос кандидата реализацији коауторских радова

Кандидаткиња, др Мирјана Грујић-Бројчин, је као коаутор дала оригиналан допринос у свих 18 радова категорија М20, објављених након избора у претходно звање, пре свега кроз креирање и модификацију нумеричких модела и оригиналних кодова за обраду и тумачење инфрацрвених и Раманових спектра широке класе наноматеријала, као и модела и софтвера за испитивање својстава порозности мезопорозних нанопрахова. У већем делу радова бавила се и експерименталним радом (инфрацрвена, Раманова и фотолуминесцентна мерања, затим спектроскопска елипсометрија), самостално или у сарадњи са другим ко-ауторима. Експерименталне активности у области проучавања културног наслеђа обавља самостално, дајући својим тумачењем значајан допринос мултидисциплинарним активностима и истраживањима, карактеристичним за област проучавања културног наслеђа.

Елементи за квантитативну оцену научног доприноса др Мирјане Грујић-Бројчин за избор у звање научног саветника

Остварени резултати након претходног избора у звање

Укупно 30 публикација од чега 18 у међународним часописима категорије М20.

Један рад у водећем часопису националног значаја М51.

Једна монографија у категорији монографије националног значаја М41.

Категорија рада	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова
М21	8	9	72
М22	5	2	10
М23	3	7 *	15
М31	3	1	3
М32	1.5	2	3
М33	1	1	1
М34	0.5	2	1
М41	7	1	7
М44	2	1	2
М51	2	1	2
М62	1	1	1
М64	0.2	2	0.4
УКУПНО		30	117.4

* 4 публикације М23, које су означене са * у приложеној библиографији, а које су објављене као рад са конференције у часопису са ISI листе, рачунате су са половином вредности бодова (1.5);

Поређење са минималним квантитативним условом за избор у звање научни саветник

М категорије	Услов	Остварени резултат
УКУПНО	65	117.4
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M52	50	111
M11+M12+M21+M22+M23+M24+M31+M32	35	103

Укупни остварени резултати

Укупно 87 публикација од чега 42 у међународним часописима категорије М20.
Два рада у водећем часопису националног значаја М51 на српском језику.
Једна монографија у категорији монографије националног значаја М41.

Категорија рада	М бодова по раду	Укупно радова	Укупно М бодова
M21	8	17	136
M22	5	7	35
M23	3	18*	46.5
M31	3	3	9
M32	1.5	3	4,5
M33	1	1	1
M34	0.5	9	4.5
M41	7	1	7
M44	2	1	2
M51	2	2	4
M52	1.5	2	3
M61	1,5	2	3
M62	1	1	1
M63	0.5	7	3.5
M64	0.2	13	2,6
УКУПНО		87	262.6

* 5 публикација М23, које су означене са * у приложеној библиографији, а које су објављене као рад са конференције у часопису са ISI листе, рачунате су са половином вредности бодова (1.5);

МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ

Др Мирјана Грујић-Бројчин је значајно допринела успостављању и развоју методологије испитивања наноструктурних материјала применом Раманове, фотолуминесцентне и инфрацрвене спектроскопије и спектроскопске елипсометрије, пре свега кроз развој и адаптацију нумеричких модела за анализу оптичких својстава наноматеријала. Током протеклих година њен рад је био усмерен на унапређивање модела фононског ограничења за анализу Раманових спектра и различитих модела ефективне средине за анализу инфрацрвених спектра широке класе наноструктурних материјала, укључујући и моделовање читавог низа ефеката карактеристичних за ове материјале. Др Грујић-Бројчин је ове моделе и оригиналне програме, које је развила за њихову примену, користила за анализу спектра разноврсних наноструктурних материјала, од којих треба истаћи чисте и допиране TiO_2 нанопрахе синтесане сол-гел и хидротермалном методом, нанокристалне агрегате TiO_2 допиране гвожђем, нанопрахе CeO_2 допиране бакром, ZnO нанопрахе, ZnSe нанослојеве итд. Систематизација, нумеричко моделовање и анализа експерименталних резултата из ових области, објављене у монографији "Оптичка својства наноматеријала", чији је др Мирјана Грујић-Бројчин коаутор, допринеле су формирању потпуније слике о структурним, морфолошким, оптичким и електронским својствима широке класе наноструктурних материјала.

Такође, својим активним радом од претходног избора у звање, др Грујић-Бројчин допринела је разумевању утицаја услова синтезе TiO_2 нанопрахова на њихове жељене карактеристике и потенцијалну примену у области фотокаталитичке деградације органских загађивача који се јављају у воденој средини. Као посебно значајан допринос др Мирјане Грујић-Бројчин у оквиру ових активности истиче се анализа утицаја порозних својстава ових нанопрахова на њихову фотокаталитичку ефикасност у деградацији органских загађивача метопролола и алпрозолама. Др Грујић-Бројчин је адаптирала нумерички модел и развила оригинални софтвер за примену тзв *Corrugated Pore Structure Modela* за анализу порозне структуре ових нанопрахова, који се даље могу користити и за проучавање других порозних материјала.

Др Грујић-Бројчин је учествовала у припреми и реализацији неколико националних, иновационих и европских пројеката. Тренутно је ангажована на два национална пројекта, на којима руководи једним потпројектом и пројектним задацима, активно учествује у неколико билатералних сарадњи и координира активности везане за један мултилатерални европски пројекат. Учествовала је у организацији неколико конференција.

Од 2013. године др Грујић-Бројчин руководи **новом истраживачком облашћу** - применом метода оптичке спектроскопије у проучавању објеката културног наслеђа, у оквиру широке иницијативе изучавања и конзервације културног наслеђа Републике Србије. Систематска примена ових метода за истраживање објеката културног наслеђа и научна анализа добијених резултата представљају нови корак у истраживањима ове врсте код нас.

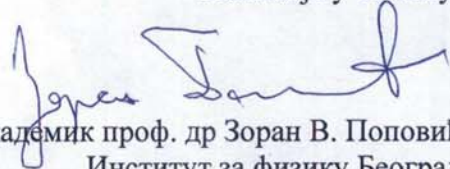
Објавила је преко 80 научних публикација, од чега 39 у часописима са ISI листе и одржала 3 предавања по позиву. Коаутор је једне монографије и аутор чланка у истакнутом тематском зборнику националног значаја. Радови др Грујић-Бројчин до сада су цитирани 368 пута, од чега 344 пута без ауоцитата.

Имајући у виду изузетну вредност и оригиналност научних радова кандидаткиње др Мирјане Грујић-Бројчин, као и њено искуство у сарадњи и организацији научног рада у оквиру бројних пројеката, сматрамо да је кандидаткиња постигла велику истражицвачку зрелост и научну компетентност. На основу података из овог Извештаја види се да др Мирјана Грујић-Бројчин вишеструко задовољила квантитативне и квалитативне услове за избор у звање научни саветник, који су прописани Правилником Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

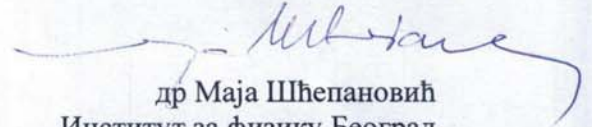
Због свега наведеног, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Мирјане Грујић-Бројчин у звање научни саветник.

У Београду 25. децембра 2015. године

Комисија у саставу:



Академик проф. др Зоран В. Поповић
Институт за физику Београд



др Маја Шћепановић
Институт за физику Београд



Проф. др Милан Тадић
Електротехнички факултет Универзитет у Београду