

## Научном већу Института за физику у Београду

### Извештај комисије за реизбор др Соње Ашкрабић у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 09. 07. 2019. године именовани смо за чланове комисије за реизбор др Соње Ашкрабић у звање научни сарадник.

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 у Београду подносимо овај извештај, у чијем прилогу се налази списак публикација кандидаткиње.

#### 1. Биографски подаци кандидата

Соња Ашкрабић је рођена 18. јануара 1983. године у Сарајеву, у Босни и Херцеговини. Основну школу је похађала у Сарајеву и Београду. Завршила је Математичку гимназију у Београду. Дипломирала је на Физичком факултету у Београду, на смеру Теоријска и експериментална физика 2006. године, са просечном оценом 9,81. Тема дипломског рада била је “Карактеризација поликристалног и нанокристалног праха  $\text{SeO}_2$  Рамановом спектроскопијом”. Завршила је једногодишње мастер студије 2007. године и докторирала марта 2014. године на Физичком факултету у Београду, на смеру за Физику кондензованог стања материје. Докторска дисертација под називом: “Фонони и дефектна стања у оксидним наноматеријалима”, урађена је под руководством др Зоране Дохчевић – Митровић са Института за физику у Београду.

Од јануара 2007. године је запослена на Институту за физику у Београду, у Центру за физику чврстог стања и нове материјале, као истраживач-приправник. Јуна 2009. је изабрана у звање истраживач сарадник. Од 2007. до 2011. године била је укључена у рад пројекта тадашњег Министарства науке и технолошког развоја ОИ141047 “Физика нискодимензионих и нанометарских структура и материјала” (руководилац др Зоран Поповић). Од 2011. године је ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ОН171032 “Физика наноструктурних оксидних материјала и јако корелисаних система” (руководилац др Зорана Дохчевић-Митровић) и била је ангажована на пројекту III45018 “Наноструктурни мултифункционални материјали и нанокомпозити” (руководилац др Зоран Поповић) у периоду 2011-2017. године. Изабрана је у звање научни сарадник децембра 2014. године.

У оквиру међународне сарадње учествовала је на пројекту из шестог оквирног програма FP6 Center of excellency for Optical Spectroscopy (2006-2009). Такође, учествовала је у више билатералних пројеката (са Шпанијом, Италијом, Немачком), на SCOPES пројекту са Швајцарском и била је руководилац билатералног пројекта са

Белорусијом „Металне и полупроводничке наноструктуре и њихова примена у визуелном осликавању биоматеријала“ у периоду 2016-2018.

Била је члан координационог одбора COST акције BM1403 „Raman for clinics“ у периоду 2014–2018. У оквиру COST акције „Raman for clinics“ била је на STSM боравку на Институту за фотонску технологију у Јени, Немачка на усавршавању у дизајну специјализованих Раман система за мерења на биолошким узорцима, у периоду 1. септембар – 15. октобар 2015. године.

Током досадашњег рада Соња Ашкрабић је аутор или коаутор 20 радова објављених у међународним часописима.

## 2. Преглед научне активности

Истраживачки рад Соње Ашкрабић одвија се у области физике кондензоване материје и окупљања проучавање вибрационих, електронских и структурних својстава оксидних и хидроксидних наноматеријала, са посебним освртом на утицај дефеката као што су: кисеоничне ваканције, површински адсорбоване молекулске групе, замена позиција јона у решетки на ова својства. Истраживачки рад кандидаткиње још окупља примену и развој метода базираног на раманској спектроскопији и мултиваријантној анализи за изучавање интеракције наночестица са еукариотским ћелијама. Испитивани системи окупљају нанопрахове чистог церијум диоксида ( $\text{CeO}_2$ ) и  $\text{CeO}_2$  допираног елементима ретких земаља (Gd, Y, Nd, Pr), нанопрахове титанијум диоксида ( $\text{TiO}_2$ ),  $\text{TiO}_2$  допираног лантаном (La) и ванадијумом (V), композите титанијум диоксида и волфрам оксида ( $\text{TiO}_2/\text{WO}_3$ ), наноштапиће празеодимијум хидроксида  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  допираног еуропијумом  $\text{Eu}^{3+}$ , комбиноване наночестице магнезијум ферита и баријум титаната ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$ ), нанослојеве цинк селенида (ZnSe), ултра-танке филмове нанопластица CdSe/CdS и биоматеријале.

У оквиру научне активности Соња Ашкрабић има 20 радова објављених у међународним часописима, од чега 14 радова у међународним часописима M21 и M22 категорије.

У наредним поглављима су приказани резултати истраживања.

### Хибридне мултифероичне $\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$ наноструктуре и дефектна стања у нанокристалним магнетним материјалима, $\text{HfO}_2$ , $\text{CeO}_2$ , Pr-CeO<sub>2</sub>

Хибридне, мултифероичне језгро-омотач (core-shell) наночестице  $\text{MgFe}_2\text{O}_4@ \text{BaTiO}_3$  представљају занимљив систем са потенцијално високим магнето-електричним (ME) ефектом, јер представљају комбинацију феримагнетног језгра ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) и фероелектричног омотача ( $\text{BaTiO}_3$ ), са напрезањем дуж јединствене граничне површине. Магнезијум ферит ( $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ) припада по структури делимично инверзним спинелима представљеним формулом  $(\text{A}_{1-x}\text{B}_x)_\text{T}(\text{A}_x\text{B}_{2-x})_\text{O}\text{O}_4$  код којих део  $\text{A}^{2+}$  катјона попуњава октаедарске позиције (O) а део  $\text{B}^{3+}$  катјона замењује  $\text{A}^{2+}$  катјоне на тетраедарским позицијама (T). Баријум титанат ( $\text{BaTiO}_3$ ) има тетрагоналну  $P4mm$

симетрију. Испитиван је МЕ ефекат и показано је да мултифероичне наночестице имају већи МЕ ефекат од  $\text{BaTiO}_3$ , као и од  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ - $\text{BaTiO}_3$  нанокмпозита. Такође, највећи МЕ ефекат имају мултифероичне наночестице са највећим дијаметром  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , тј. највећом граничном површином између феримагнетне и фероелектричне фазе. Раманском спектроскопијом је показано да у спектрима мултифероичних наночестица доминирају вибрациони модови  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ . Моделирањем спектра добијени су подаци о ширењу и померају  $A_{1g}$  и  $E_g$  вибрационих модова који одговарају вибрацијама кисеоничних јона услед спрезања два материјала.

Изучаване су структурне, вибрационе, магнетне особине као и дефектна стања нестехиометријских наночестица  $\text{HfO}_2$  допираног итријумом. Резултати рендгенске дифракције су показали да са порастом садржаја итријума долази до фазне трансформације из моноклиничне у тетрагоналну и кубну фазу. Рамановом спектроскопијом је потврђено да долази до фазне трансформације са допирањем као и да су у итријум допираним узорцима присутни дефекти у виду кисеоничних ваканција. XPS мерења су потврдила да са порастом концентрације итријума и преласком у кубну фазу расте и концентрација кисеоничних ваканција. Магнетним мерењима је установљено постојање феромагнетизма на собној температури које потиче од трансфера електрона са дефектних стања кисеоничних ваканција на празна 5d стања хафнијума. Установљено је да феромагнетно уређење боља јача у тетрагоналној фази а да знатно слаби са појавом кубне фазе. Ово је објашњено формирањем дефектних комплекса итријума и кисеоничних ваканција различитих наелектрисања  $((\text{V}_\text{O}-\text{Y}_{\text{Hf}})^+)$ ,  $(\text{V}_\text{O}-\text{Y}_{\text{Hf}})^{++}$  и  $(\text{V}_\text{O}-\text{Y}_{\text{Hf}})^0$ , при чему ови комплекси формирају дефектна стања у близини валентне зоне.

У Pr-допираним  $\text{CeO}_2$  нанокристалима, магнетним мерењима је установљено да узорци показују феромагнетизам на собној температури, при чему Pr -допирање доводи до уништења феромагнетизма. Истраживања су показала да се Pr уграђује супституционално у целом испитиваном опсегу, делимично у облику  $\text{Pr}^{4+}$  а делимично у облику  $\text{Pr}^{3+}$  јона, при чему релативни удео  $\text{Pr}^{3+}$  јона расте са Pr допирањем. Истраживања су показала да при Pr допирању садржај кисеоничних ваканција расте. Да би се објаснило опадање сатурационе магнетизације са порастом концентрације јона предложено је објашњење базирано на механизму измене преко F центара. Недопирани нанокристали  $\text{CeO}_2$  на собној температури испољавају феромагнетизам који се успоставља посредством кисеоничних ваканција са једним заробљеним електроном ( $F^+$  центара). Присуство  $\text{Pr}^{3+}$  јона у танком површинском слоју нанокристала, где су кисеоничне ваканције углавном смештене, доводи до драстичне деградације феромагнетизма. До овога долази услед формирања комплекса као што су  $\text{Pr}^{3+}-\text{V}_\text{O}-\text{Ce}^{3+}$  или  $\text{Pr}^{3+}-\text{V}_\text{O}-\text{Pr}^{3+}$ , локализације електрона на ваканцијама и креирања кисеоничних ваканција без заробљених електрона ( $F^0$  центара), или са два заробљена електрона ( $F^{2+}$  центара), које не доприносе феромагнетизму. Формирање  $F^{2+}$  и  $F^0$  центара смањује концентрацију  $F^+$  центара и нарушава феромагнетизам у Pr-допираним  $\text{CeO}_2$  узорцима. Присуство кисеоничних дефеката и њихова зависност од концентрације допанта анализирани су Рамановом спектроскопијом.

- Ann Rose Abraham, B. Raneesh, Tesfakiros Woldu, Sonja Aškračić, Saša Lazović, Zorana Dohčević-Mitrović, Oluwatobi Samuel Oluwafemi, Sabu Thomas and Nandakumar Kalarikkal. Realization of Enhanced Magnetoelectric Coupling and Raman Spectroscopic Signatures in 0-0 Type Hybrid Multiferroic Core-Shell Geometric Nanostructures." *J. Phys. Chem. C* 121 (2017) 4352-4362.
- Z. D. Dohčević-Mitrović, N. Paunović, B. Matović, P. Osiceanu, R. Scurtu, S. Aškračić, M. Radović. "Structural dependent room-temperature ferromagnetism in yttrium doped HfO<sub>2</sub> nanoparticles." *Ceramics International* 41 (2015) 6970-6977.
- Novica Paunović, Zorana Dohčević-Mitrović, Rares Scurtu, Sonja Aškračić, Marija Prekajski, Branko Matović, and Zoran V. Popović. "Suppression of Inherent Ferromagnetism in Pr-Doped CeO<sub>2</sub> Nanocrystals." *Nanoscale* 4 (2012): 5469-76.

### **Фотокаталитички и адсорптивни процеси Pr(OH)<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> наноштапића, TiO<sub>2</sub>-WO<sub>3</sub> композита и нанопрахова CeO<sub>2</sub>**

Адсорпција и фотокатализа су два процеса од великог значаја у пречишћавању вода од органских загађивача. Њихови механизми деловања се разликују, стога је за многе материјале пречишћиваче карактеристичан само један од ова два механизма, али у неким случајевима се оба механизма јављају у истом материјалу. Адсорпција подразумева везивања неке супстанце за површину материјала (ван дер Валсовим или ковалентни везама) и зависи од површинске енергије материјала. Фотокатализа у ужем смислу је процес креирања парова електрон-шупљина светлосном побудом, егзистирање парова неко време током кога се омогућавају оксидо-редукционе реакције на површини материјала - фотокатализатора. У оквиру истраживања кандидаткиње испитивана је повезаност тачкастих дефеката, површинских стања и оптичких особина са фотокаталитичким и адсорптивним процесима у нанокристалном Pr(OH)<sub>3</sub> (чистог и допираног Eu<sup>3+</sup>) штапићасте морфологије, танким филмовима TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub> композита, нанокристалном праху CeO<sub>2</sub> и Mg- допираном CeO<sub>2</sub>.

Проучаване су структурне, морфолошке, оптичке, електронске и фотокаталитичке особине 1Д наноструктура (наноштапићи) недопираног и Eu- допираног Pr(OH)<sub>3</sub> које су синтетисане микроталасном-хидротермалном методом као и површинска стања. Досадашња истраживања су показала да овакве Pr(OH)<sub>3</sub> структуре испољавају добра адсорптивна својства, захваљујући штапићастој морфологији и присуству OH<sup>-</sup> веза на површини, али не и фотокаталитичке особине због великог енергетског процепа. Испитиване 1Д недопиране и допиране Pr(OH)<sub>3</sub> наноструктуре, су показале фотокаталитичку активност при деградацији органске боје под утицајем ултраљубичасте светлости. Најефикаснија деградација регистрована је код Pr(OH)<sub>3</sub> допираног са 1% и 5% Eu<sup>3+</sup>. Pr(OH)<sub>3</sub> допиран са 3% је испољио слабије фотокаталитичке особине, али врло добру адсорпцију, док је чист Pr(OH)<sub>3</sub> показао добру адсорпцију а слабију фотокаталитичку активност. Комбинацијом Раманове спектроскопије, дифузне рефлектанце, фотоелектронске спектроскопије X-зрака, као и инфрацрвене

спектроскопије показано је да је енергетски процеп смањен у случају  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  допираног са 1% и 3%  $\text{Eu}^{3+}$ , а да су у свим материјалима присутни дефекти у виду кисеоничних ваканција које настају у процесу синтезе. Концентрација кисеоничних ваканција расте са допирањем. Такође је уочено и присуство  $\text{NO}_3^-$  групе на површини, које потичу од коришћеног прекурсора  $\text{KNO}_3$ . Закључено је да  $\text{Eu}^{3+}$  површинска стања,  $\text{NO}_3^-$  групе као акцептори и дефектна стања кисеоничних ваканција доприносе фотокаталитичкој активности, јер спречавају брзу рекомбинацију електрон-шупљина парова, а да се промена њихових концентрација може искористити за појачавање адсорптивних или фотокаталитичких особина  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  наноструктура.

Изучавани  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  композитни нанофилмови добијени процесом плазма електролитичке оксидације су показали знатно побољшане фотокаталитичке особине при разградњи органских загађивача (RG6 и MB9) у односу на чист  $\text{TiO}_2$  под дејством видљиве и ултраљубичасте светлости. Рамановом спектроскопијом је показан пораст концентрације  $\text{WO}_3$  фазе са продуженим временом синтезе. Преко карактеристичних вибрационих модова су праћене промене односа фаза  $\text{WO}_3/\text{WO}_{2.96}$  са временом синтезе. Резултати мерења апсорбанце су показали ефективно смањење оптичког процепа  $\text{TiO}_2$  услед присуства стања  $\text{WO}_3$  и  $\text{WO}_{3-x}$ , што је корелисано са повећаном фотокаталитичком активношћу  $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$ .

Церијум диоксид,  $\text{CeO}_2$ , је у литератури ретко разматран као фотокаталитички материјал зато што поседује широк енергетски процеп и има специфичну 4f електронску конфигурацију. Како супституционално допирање јонима ниже валенце од  $\text{Ce}^{4+}$  доводи до стварања кисеоничних ваканција и додатних стања унутар почетног енергетског процепа, разматране су могућности Mg-допираног  $\text{CeO}_2$  за фотокаталитичку активност. Нанопрахови  $\text{Ce}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_{2-\delta}$ ,  $0 \leq x \leq 0.4$  су синтетисани сампропагирајућом методом на собној температури. Рамановом спектроскопијом је показано присуство кисеоничних ваканција и пораст њихове концентрације при порасту концентрације  $\text{Mg}^{2+}$  јона. При већим концентрацијама допанта дошло је до црвеног помака енергетског процепа због појаве локализованих стања унутар процепа. Само је у нанопраху са 40 at.% Mg дошло до плавог помака због формирања бруцитне фазе. Сви нанопрахови са концентрацијом допанта преко 10% су показали побољшану фотокаталитичку активност у односу на  $\text{CeO}_2$  и комерцијални Degussa P25 у процесу разградње азо боје кристална љубичаста. Локализована стања  $\text{Mg}^{2+}$  јона и кисеоничних ваканција могу да заробе фотогенерисана наелектрисања и одложе процесе рекомбинације а могу и да служе као активне позиције на површини за трансфер наелектрисања на адсорбоване молекуле  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

$\text{CeO}_2$  нанопрах синтетисан самопропагирајућом методом је испољио одличне адсорптивне карактеристике, тј врло је ефикасно адсорбовао азо-боје (метил оранж, реактив оранж и метил плаву) из раствора. Процес адсорпције је праћен при фиксним почетним вредностима pH, а мењане су концентрације боја и време експозиције. Инфрацрвена и раманска спектроскопија су потврдиле адсорпцију боја на површини  $\text{CeO}_2$ . Адсорпционе изотерме су моделиране Лангмировим и Фројндлиховим моделом. Лангмиров модел је био адекватан за опис изотерми две боје а све три боје су се могле моделирати Фројндлиховим моделом који одговара адсорпцији у више слојева, на

позицијама које су енергетски хетерогене. Највећи адсорпциони капацитет је добијен за метил оранж боју, а за све три боје је био приближан 100 mg/g. Адсорпција све три азо боје прати кинетику псеудо-другог реда са добром корелацијом што говори о томе да поред електростатички изазване сорпције, механизам хемисорпције има важну улогу у адсорпцији ових боја. Фромирање бидентатних мостова између сулфонатних група и  $\text{Ce}^{4+}$  катјона и протонизација хидроксилних група на површини могу бити одговорни за адсорпцију.

- S. Aškrabić, V. D. Araújo, M. Passacantando, M. I. B. Bernardi, N. Tomić, B. Dojčinović, D. Manojlović, B. Čalija, M. Miletić and Z. D. Dohčević-Mitrović. "Nitrate-assisted photocatalytic efficiency of defective Eu-doped  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  nanostructures". *Physical Chemistry Chemical Physics* 19 (2017) 31756-31765.
- Zorana Dohčević-Mitrović, Stevan Stojadinović, Luca Lozzi, Sonja Aškrabić, Milena Rosić, Nataša Tomić, Novica Paunović, Saša Lazović, Marko G. Nikolić, Sandro Santucci. " $\text{WO}_3/\text{TiO}_2$  composite coatings: Structural, optical and photocatalytic properties", *Materials Research Bulletin* 83 (2016) 217-224.
- N. M. Tomić, Z. D. Dohčević-Mitrović, N. M. Paunović, D. Ž. Mijin, N. D. Radić, B. V. Grbić, S. M. Aškrabić, B. M. Babić and D. V. Bajuk-Bogdanović. "Nanocrystalline  $\text{CeO}_{2-\delta}$  as Effective Adsorbent of Azo Dyes", *Langmuir* 3039 (2014) 11582-11590.
- Matović Branko, Luković Jelena, Stojadinović Bojan, Aškrabić Sonja, Zarubica Aleksandra, Babić Biljana, Dohčević-Mitrović Zorana. "Influence of Mg doping on structural, optical and photocatalytic performances of ceria nanopowders". *Processing and Application of Ceramics* 11 (2017) 304-310.

## Примена Раманове спектроскопије у изучавању биолошких система

Значајан део рада кандидаткиње након претходног избора у звање је посвећен примени Раманове спектроскопије у изучавању биолошких система. Главна тема је изучавање интеракција наночестица са еукариотским ћелијама, преко анализе раманских спектра ћелија након третирања наночестицама. Рамански спектри су анализирани методама мултиваријантне статистике. У раду су коришћене две врсте наночестица  $\text{CeO}_2$ : нанопрах у чврстој фази и колоидне наночестице обложене декстраном. Синтетисани нанопрахови су накнадно дисперговани у води и ћелијском медијуму, док су колоидне честице у том облику додате у ћелијски медијум. Необложене наночестице, су коришћене ради побољшане интеракције ћелије са површинским дефектним стањима, а обложене наночестице су коришћене због одличне стабилности дисперзије и мање средње димензије која олакшава улазак у ћелије. Као модел еукариотских ћелија коришћене су туморске ћелије рака грлића материце, познате као HeLa. Ћелије су третиране у концентрацијама и временима које су бирани као стандардне концентрације које су у литератури коришћене у клиничким студијама третмана наночестицама. Након тога ћелије су мерене Рамановом спектроскопијом, око 1000 ћелија по узорку и спектри су груписани методама анализе главних компонената и парцијалном линеарном методом најмањих квадрата, помоћу

алгоритама кодираних у R-у. Показана је разлика између групе Раман спектра добијених на нетретираним ћелијама и ћелијама третираним са две врсте наночестица. Највеће разлике су се јавиле у регионима карактеристичним за ДНК и неке од липидних молекулских група. Направљен је модел за класификацију ћелија који омогућава тестирање нових спектра и сортирање ћелија према ћелијском процесу који се одражава у раманском спектру. Резултати из овог рада су представљени у апстракт у који је прихваћен за презентацију на конференцији, а публикација за слање у часопис је у припреми.

Морфолошке и молекуларне промене које прате процес девитализације зуба анализиране су микроскопијом на бази атомских сила и раманском спектроскопијом ради утврђивања узрока повећане ломљивости зуба након девитализације. Раманском спектроскопијом је регистровано присуство других фосфатних фаза осим хидрокси апатита у девитализованим зубима: октакалцијум фосфата, дикалцијум фосфата дихидрата и трикалцијум фосфата које су биле у веома малој мери или сасвим одсутне у узорцима здравих зуба. Анализа положаја и ширина вибрационих модова показала је да долази до смањења хидратисаног слоја, промена у почетном хидрокси апатиту, кристализације других фосфатних фаза и тиме промене механичких особина дентина.

- M. Miletić, S. Aškračić, I. Schie, J. Rüger, L. Korićanac, A. S. Mondol, B. Vasić and Z. Dohčević-Mitrović, "Effects of cerium-dioxide nanoparticles in cervical cancer cells studied by Raman spectroscopy", прихваћен апстракт за 7<sup>th</sup> International School and Conference on Photonics – Photonica, August 2019, Belgrade, Serbia.
- R. Kiselev, I. W. Schie, S. Aškračić, C. Krafft and J. Popp, Design of a flexible Raman micro-spectroscopic system for cell identification, *Biomedical Spectroscopy and Imaging* 5 (2016) 115-127.
- K. Zelic, P. Milovanovic, Z. Rakocovic, S. Askračić, J. Potocnik, M. Popovic and M. Djuric. "Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility", *Dental Materials* 30 (2014) 476-486.

## **F – центри у нанокристалним праховима CeO<sub>2</sub>**

Кисеоничне ваканције у оксидним наноматеријалима могу и не морају да заробе један од два или оба електрона која заостају након што јон кисеоника напусти кристалну решетку, због чега могу представљати тзв. двоструко наелектрисане (F<sup>++</sup>), једноструко наелектрисане (F<sup>+</sup>) или неутралне (F<sup>0</sup>) центре. Од типа ваканција које настају у оксидним наноматеријалима, унутар енергетског процепа нанокристала, зависи формирање различитих дефектних нивоа тј. стања. Коришћењем фотолуминесцентне (ФЛ) спектроскопије и електронске парамагнетне резонанце (ЕПР) испитиване су енергије дефектних стања различитих F центара у нанокристалним CeO<sub>2</sub> синтетисаним путем две хемијске методе, самопропагирајуће синтезе и хидротермалне синтезе, као и процеси који доводе до радијативне рекомбинације на собној и ниским температурама (до 20 K). Енергијска побуда система је остварена ласерским линијама Ag<sup>+</sup> ласера које се налазе у видљивом делу спектра са таласним дужинама: 458 nm, 488 nm, 514 nm, чија је енергија

побуде мања од вредности енергетског процепа за  $\text{CeO}_2$  ( $E_g = 3.8 \text{ eV}$ ). За побуду је такође коришћена и ултраљубичаста линија (325 nm), чија је енергија приближно једнака  $E_g$ , са циљем да се детаљно испитају стања унутар забрањене зоне. Показано је да електронска стања која учествују у процесима апсорпције и емисије светлости представљају основна и побуђена стања поменутих F центара. Доминантне емисионе траке у ФЛ спектрима су центриране око положаја 2.1 eV и 2.4 - 2.5 eV. ФЛ трака на положају  $\sim 2.4 \text{ eV}$  приписана је прелазу из побуђеног у основно стање  $F^+$  центра (ваканција са једним заробљеним електроном), а трака на положају  $\sim 2.1 \text{ eV}$  је приписана прелазу између побуђеног и основног стања  $F^0$  центра (ваканција са два заробљена електрона). Показано је да  $F^+$  центри доминирају у узорку синтетисаном самопропагирајућом методом, а да  $F^0$  центри доминирају у узорку синтетисаном методом преципитације. ФЛ трака центрирана око 2.9 – 3.0 eV јавља се у спектрима оџа узорка и приписана је прелазу између стања  $F^{++} \rightarrow 4f^1$ . Додатни ЕПР сигнали регистровани само у спектру узорка синтетисаног самопропагирајућом методом се могу приписати  $F^+$  центрима. Закључено је да различите методе синтезе, самопропагирајућа синтеза и преципитација, утичу на формирање различитих врста дефектних центара кисеоничних ваканција.

- Aškračić S Dohčević-Mitrović Z Araujo V Ionita G De Lima M and Cantarero A: "F centre luminescence in nanocrystalline  $\text{CeO}_2$ ." *Journal of Physics D: Applied Physics* 46 (2013): 495306.

### **Утицај напрезања, величине честице и фонон-фонон интеракција на оптичке фононе у нанокристалном $\text{CeO}_2$**

Кисеоничне ваканције су карактеристичне за све оксидне наноматеријале због повећаног односа површина/запремина при смањењу димензије честица до реда величине нанометра, али у нанокристалима  $\text{CeO}_2$  су оне посебно изражене. Зависност микронапрезања нанокристалног  $\text{CeO}_2$  од температуре и разграничење ефекта микронапрезања од раста честица са повећањем температуре одгревања (200 -500) °C анализирани су коришћењем резултата рендгенске дифракције и Раманове спектроскопије. Концентрација дефектних стања је праћена преко интензитета вибрационих модова који одговарају дефектним стањима у Рамановом спектру. Коришћењем модела фононског ограничења и параметара Ритвелдове анализе одређене су расподеле наночестица по димензијама за сваку температуру. Закључено је да је при повећању температуре одгревања доминантан ефекат смањења микронапрезања и да одгревање  $\text{CeO}_2$  на средњим температурама (400 – 500) °C доводи до значајног уноса кисеоника у решетку и опадања концентрације кисеоничних ваканција, тј. приближавања структуре узорка идеалној стехиометријској.

Преко промена енергије и ширине Раман мода при загревању до виших температура ( $\leq 800 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и хлађењу до содне температуре анализирани су: фонон-фонон интеракције и њихова повезаност са променом средње димензије зрна нанокристала, јачином фононског ограничења, променом напрезања и концентрацијом кисеоничних ваканција. Коришћењем анхармонијског модела који су предложили Клеменс, Харо и



Балкански, анализирана је промена положаја и ширине Раман мода под утицајем трофононских и четворофононских процеса у Gd-допираним CeO<sub>2</sub> наноправима. Утврђено је да на температурама испод 300 °C доминирају четворофононски процеси и ефекти локализације услед нанометарских димензија честица имају мање утицаја на Раманов мод него анхармонијски ефекти. На високим температурама, изнад 600 °C поново су доминантни трофононски процеси што говори о томе да је средња величина честица довољно порасла да би оне имале слично анхармонијско понашање као запремински кристал. Понашање два дефектна мода, повезана са присуством уведених и својствених кисеоничних ваканција праћено је током промене температуре система. Утврђено је да понашање интензитета ових модова иде у прилог формирању компликованијих дефектних домена који садрже уређене ваканције или већом покретљивошћу ваканција на високим температурама.

- S. Aškračić, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, N. Lazarević, V. Kahlenberg, and Z. V. Popović. "Oxygen Vacancy-Induced Microstructural Changes of Annealed CeO<sub>2-x</sub> Nanocrystals." *Journal of Raman Spectroscopy* 43 (2012): 76-81.
- Z. V. Popović, Z. Dohčević-Mitrović, M. Šćepanović, M. Grujić-Brojčin, and S. Aškračić. "Raman Scattering on Nanomaterials and Nanostructures." *Annalen der Physik* 523 (2011): 62-74.
- S. Aškračić, Z. D. Dohčević-Mitrović, M. Radović, M. Šćepanović, and Z. V. Popović. "Phonon-Phonon Interactions in Ce<sub>0.85</sub>Gd<sub>0.15</sub>O<sub>2-δ</sub> Nanocrystals Studied by Raman Spectroscopy." *Journal of Raman Spectroscopy* 40 (2009): 650-55.

### **Раманово расејање на акустичким вибрацијама нанокристалног CeO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> и La-допираног TiO<sub>2</sub>**

У Рамановим спектрима нанокристала CeO<sub>2</sub>, у региону ниских учестаности, испод 50 cm<sup>-1</sup>, је забележена појава нових модова. Појава ових модова је последица локализације акустичких фонона услед смањењења димензије честица, приликом чега се спрежу дисперзионе гране које одговарају акустичним фононима у монокристалу. За анализу Раманових модова на ниским фреквенцијама примењен је модел еластичне сфере, где се нискофреквентне вибрације нанокристала могу апроксимирати еластичним таласима чврсте сфере. Применом модела на експериментално добијене вредности енергија фонона који су регистровани у Рамановом спектру, одређена је вредност средње димензије честице у датом наноправу.

Зависност структурних и морфолошких особина наноправова TiO<sub>2</sub> од услова синтезе и садржаја La<sup>3+</sup> јона испитивана је Рамановом спектроскопијом. Веома интензивни модови уочени у Рамановим спектрима ових наноправова приписани су анатаз фази. Ниско-фреквентне акустичке вибрација у Рамановим спектрима су анализирани моделом еластичне сфере и датом анализом је одређена расподела величине честица у TiO<sub>2</sub> наноправима. Процењена расподела је искоришћена за прорачун интензитета

најинтензивнијег  $E_g$  Рамановог мода у анатас наноправима применом модела фононског ограничења. Прорачунати положај и асиметрично ширење одлично се подударају са карактеристикама  $E_g$  мода додијеним на основу измерених Раманових спектра  $\text{TiO}_2$  наноправова.

- R. Kostić, S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Low-Frequency Raman Scattering from  $\text{CeO}_2$  Nanoparticles." *Applied Physics A* 90 (2008): 679-83.
- S. Aškrabić, R. Kostić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Raman Scattering from Low Frequency Phonons Confined in  $\text{CeO}_2$  Nanoparticles." *Journal of Physics: Conference Series* 92 (2007): 012042.
- M. Šćepanović, S. Aškrabić, M. Grujić-Brojčin, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, and Z. V. Popović. "Low-Frequency Raman Spectroscopy of Pure and La-Doped  $\text{TiO}_2$  Nanopowders Synthesized by Sol-Gel Method ". *Acta Physica Polonica A* 116 (2009): 99-102.

### **Вибрациона и оптичка својства чистог и допираног нанокристалног $\text{TiO}_2$ анатаса и танких слојева $\text{ZnSe}$**

Рамановом спектроскопијом је проучавано понашање оптичких модова у чистом  $\text{TiO}_2$  и  $\text{TiO}_2$  допираном La и V. У чистом  $\text{TiO}_2$  су на основу промена Рамановог оптичког  $E_g$  мода услед просторног ограничења и модова који одговарају брукитној фази, процењени средња величина наночестица и удео брукитне фазе у правима. Зависност структурних и морфолошких особина наноправова  $\text{TiO}_2$  од услова синтезе и садржаја  $\text{La}^{3+}$  јона испитивана је Рамановом спектроскопијом. Установљено је да присуство лантана стабилише анатас структуру при загревању до  $800^\circ\text{C}$  у La – допираном  $\text{TiO}_2$ . Међу наноправима  $\text{TiO}_2$  допираног V највеће промене у понашању оптичког  $E_g$  мода регистроване су у узорку са најбржим градијентом промене температуре приликом калцинације и најдужем трајању калцинације.

У Рамановим спектрима танких и ултра танких  $\text{ZnSe}$  слојева установљено је различито резонантно понашање. Спектри измерени  $\lambda=442$  nm линијом HeCd ласера показују да је ова енергија блиска оптичком процепу нанокристалита у најтањим слојевима и вишеслојним структурама  $\text{ZnSe}$ , што указује да је величина кристалита у овим слојевима реда величине 10 nm. Кристаличност  $\text{ZnSe}$  филмова може се побољшати озрачивањем узорака ласерским снопом велике снаге ( $\geq 300$  mW). Фотолуминесцентна мерења такође су потврдила да је у слојевима тањим од 100 nm присутна мешавина аморфне и кристалне фазе  $\text{ZnSe}$ , као и да удео кристалне фазе опада са смањењем дебелине слоја.

- Golubović, M. Šćepanović, A. Kremenović, S. Aškrabić, V. Beres, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović. "Raman Study of the Variation in Anatase Structure of  $\text{TiO}_2$

Nanopowders Due to the Changes of Sol–Gel Synthesis Conditions." *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 49 (2008): 311-19.

- M. Šćepanović, S. Aškrabić, V. Berec, A. Golubović, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, and Z. V. Popović. "Characterization of La-Doped TiO<sub>2</sub> Nanopowders by Raman Spectroscopy". *Acta Physica Polonica A* 115 (2009): 771-74.
- M. Šćepanović, S. Aškrabić, 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 (2010): 667-75.
- D. Nesheva, M. J. Šćepanović, S. Aškrabić, Z. Levi, I. Bineva, and Z.V. Popović. "Raman Scattering from ZnSe Nanolayers". *Acta Physica Polonica A* 116 (2009): 75-77.
- D. Nesheva, M. J. Scepanovic, Z. Levi, S. M. Askrabic, Z. Aneva, A. Petrova, and Z. V. Popovic. "Structural Characterization and Photoluminescence of ZnSe Nanolayers." *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 11 (2009): 1351-54.

### 3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса

#### 3.1 Квалитет научних резултата

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

Др Соња Ашкрабић је аутор или коаутор 20 радова у међународним часописима, од чега 20 радова у часописима са ISI листе. Има 12 радова објављених у часописима категорије M21, 2 рада у часописима категорије M22 и 6 радова у часописима категорије M23.

У периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања, кандидаткиња је објавила 7 радова у међународним часописима са ISI листе, од тога 6 радова у часописима категорије M21 и један рад у часопису категорије M22.

Најзначајнији радови кандидаткиње су:

1. S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, V. Araujo, G. Ionita, M. De Lima and A. Cantarero.

"F centre luminescence in nanocrystalline CeO<sub>2</sub>."

*Journal of Physics D: Applied Physics* **46** (2013): 495306.

M21, цитиран 37 пута по Scopus бази, без аутоцитата

2. R. Kostić, S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, and Z. V. Popović.

"Low-Frequency Raman Scattering from CeO<sub>2</sub> Nanoparticles."

*Applied Physics A* **90** (2008): 679-83.

M21, цитиран 37 пута по Scopus бази, без аутоцитата

3. S. Aškrabić, Z. Dohčević-Mitrović, A. Kremenović, N. Lazarević, V. Kahlenberg, and Z. V. Popović.

"Oxygen Vacancy-Induced Microstructural Changes of Annealed CeO<sub>2-x</sub> Nanocrystals." *Journal of Raman Spectroscopy* 43 (2012): 76-81.

M21, цитиран 16 пута по Scopus бази, без аутоцитата

4. S. Aškrabić, V. D. Araújo, M. Passacantando, M. I. B. Bernardi, N. Tomić, B. Dojčinović, D. Manojlović, B. Čaliја, M. Miletić and Z. D. Dohčević-Mitrović.

"Nitrate-assisted photocatalytic efficiency of defective Eu-doped Pr(OH)<sub>3</sub> nanostructures". *Physical Chemistry Chemical Physics* 19 (2017) 31756-31765

M21, није цитиран по Scopus бази

У првом раду су коришћењем фотолуминесцентне (ФЛ) спектроскопије и електронске парамагнетне резонанце (ЕПР) испитивана дефектна стања тј. различити F центри у нанокристалним CeO<sub>2</sub> синтетисаним путем две хемијске методе, самопропагирајуће синтезе и преципитације, као и процеси који доводе до радијативне рекомбинације на собној и ниским температурама (до 20 K). Показано је да електронска стања која учествују у процесима апсорпције и емисије светлости представљају основна и побуђена стања F центара. ФЛ трака на положају ~ 2.4 eV приписана је прелазу из побуђеног у основно стање F<sup>+</sup> центра (ваканција са једним заробљеним електроном), а трака на положају ~ 2.1 eV је приписана прелазу између побуђеног и основног стања F<sup>0</sup> центра (ваканција са два заробљена електрона). Показано је да F<sup>+</sup> центри доминирају у узорку синтетисаном самопропагирајућом методом, а да F<sup>0</sup> центри доминирају у узорку синтетисаном методом преципитације. ФЛ трака центрирана око 2.9 – 3.0 eV јавља се у спектрима овог узорка и приписана је прелазу између стања F<sup>++</sup> → 4f<sup>1</sup>. ЕПР сигнали регистровани само у спектру узорка синтетисаног самопропагирајућом методом приписани су F<sup>+</sup> центрима. Значајан резултат рада је регистровање дефектних стања овог типа и релативних положаја њихових побуђених и основних стања.

У другом раду су изучаване нискофреквентне вибрације регистроване у раманским спектрима нанокристала CeO<sub>2</sub>. Појава ових модова је последица локализације акустичких фонона услед смањењења димензије честица, приликом чега се спрежу дисперзионе гране које одговарају акустичним фононима у монокристалу. За анализу Раманових модова на ниским фреквенцијама примењен је модел еластичне сфере, где се нискофононске вибрације нанокристала могу апроксимирати еластичним таласима чврсте сфере. Значајан резултат рада је одређивање расподеле честица по димензијама на основу акустичког региона вибрационих спектра и показана подударност вредности средње димензије честице добијене применом модела еластичне сфере на акустичке модове и вредности добијене применом модела фононског ограничења на оптичке модове.

У трећем раду је анализирана зависност микронапрезања нанокристалног  $\text{CeO}_2$  од температуре и разграничење ефекта микронапрезања од раста честица са повећањем температуре. Микронапрезање зависи од разлика у параметрима решетке суседних ћелија и уско је повезано са нанометарском димензијом честица и кисеоничним ваканцијама. Нанопрахови  $\text{CeO}_2$  су одгревани на температурама (200-500) °C и структурне и вибрационе особине су испитиване рендгенском дифракцијом и раманском спектроскопијом. Концентрација дефектних стања је праћена преко интензитета модова који одговарају дефектним стањима у Рамановом спектру. Закључено је да је при повећању температуре одгревања доминантан ефекат смањења микронапрезања и да одгревање  $\text{CeO}_2$  на средњим температурама (400 – 500) °C доводи до значајног уноса кисеоника у решетку и опадања концентрације кисеоничних ваканција, тј. побољшања стехиометрије узорака.

У четвртом раду је испитиван утицај морфологије, дефектне структуре и површинских стања на фотокаталитичке и адсорпционе особине чистог и  $\text{Eu}^{3+}$  допираног  $\text{Pr}(\text{OH})_3$ . Комбинацијом раманске спектроскопије, дифузне рефлектанце, фотоелектронске спектроскопије X-зрака, као и инфрацрвене спектроскопије показано је да је енергетски процеп смањен у случају  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  допираног са 1% и 3%  $\text{Eu}^{3+}$ , а да су у свим узорцима присутне  $\text{NO}_3^-$  групе на површини као и кисеоничне ваканције, настале у процесу синтезе. Запажено је и повећање концентрације кисеоничних дефеката са допирањем. Значајан резултат овога рада је да је иначе фотокаталитички неактиван  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  са допирањем испољио добра фотокаталитичка и адсорпциона својства. У раду је показано да је присуство  $\text{NO}_3^-$  групе као акцептора, дефектних стања кисеоничних ваканција као и  $\text{Eu}^{3+}$  површинских стања главни разлог побољшане фотокаталитичке активности, а да се промена њихових концентрација може искористити за наизменично појачавање адсорптивних или фотокаталитичких особина  $\text{Pr}(\text{OH})_3$  наноструктура.

### **3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата**

Према Scopus бази на дан 1. јула 2019. године, радови кандидата су цитирани 477 пута, док је број цитата без аутоцитата свих аутора 433. Према истој бази, h-индекс кандидаткиње је 11. Подаци о цитираности са интернет странице Scopus базе су дати након списка свих радова.

### **3.1.3 Параметри квалитета часописа**

У категоријама M21, M22 и M23, кандидаткиња је објавила радове у следећим часописима, где су подвучени они часописи у којима је кандидаткиња објављивала у периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања.

- 1 рад у Nanoscale (IF = 6.233)
- 1 рад у Langmuir (IF = 4.457)

- 1 рад у Journal of Physical Chemistry C (IF = 4.484)
- 1 рад у Physical Chemistry Chemical Physics (IF = 4.449)
- 1 рад у Dental Materials (IF = 4.160 )
- 2 рада у Journal of Raman Spectroscopy (IF =3.526, IF =3.137)
- 1 рад у Ceramics International (IF = 2.758)
- 1 рад у Journal of Physics D : Applied Physics (IF = 2.521)
- 1 рад у Materials Research Bulletin (IF = 2.435)
- 1 рад у Applied Physics A (IF = 1.884)
- 1 рад у Annalen der Physik (IF = 1.844)
- 1 рад у Journal of Sol-Gel Science and Technology (IF = 1.433)
- 1 рад у Physica Scripta (IF = 1.296)
- 1 рад у Processing and Application of Ceramics (IF = 1.152)
- 1 рад у Journal of Optoelectronic and Advanced Materials (IF = 0.827)
- 3 рада у Acta Physica Polonica A (IF = 0.433, IF = 0. 433, IF = 0. 433)
- 1 рад у International Journal of Modern Physics B (IF = 0.402)

Укупна сума импакт фактора свих радова кандидаткиње је 48.28, након одлуке већа о предлогу за стицање претходног научног звања импакт фактор је 23.895, а након претходног избора у звање је 15. 278.

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидаткиња објављивала радове је дат у следећој табели. Она садржи импакт факторе (ИФ) радова, М поене радова по српској категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку.

Публикације M20	ИФ	М остварено	СНИП
Укупно	23.895	53	9.349
Усредњено по чланку	3.414	7.571	1.336
Усредњено по аутору	2.835	6.378	1.165

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

Кандидаткиња је дала значајан допринос сваком раду на коме је учествовала, у виду спектроскопских мерења, моделирања спектра, анализе резултата, а у радовима који су у целини или највећим делом реализовани на Институту за физику је допринела и у осмишљавању проблематике и приступа проблему. Такође, активно је учествовала у синтези неких од материјала испитиваних у истраживању ( $\text{CeO}_2$ ), мерењима ван главне експертизе (дифузна рефлектанца, фотокаталитичка активност, динамичко расејање

светлости), анализи резултата метода које су рађене ван Института за физику (електронска парамагнетна резонанца, фотоелектронска спектроскопија X-зрацима).

Кандидаткиња је након доктората започела бављење новом тематиком: применом Раманове спектроскопије у изучавању молекуларних промена у биоматеријалима (еукариотске ћелије, дентин, крвни анализи). Сарађује са групом Др Ивана Шија са Института за фотонске технологије у Јени, Немачка на овој тематици.

### **3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова**

Кандидаткиња је ментор на докторским студијама Мирјани Милетић, студенткињи Биолошког факултета Универзитета у Београду. У прилогу је дата изјава руководиоца пројекта о менторству.

Кандидаткиња је у досадашњем раду обучавала мастер студенте и докторанте методама Раманове и фотолуминесцентне спектроскопије.

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

Радови објављени од избора у звање научни сарадник су експериментални радови. Три рада имају мање од осам аутора и носе тежину 1. Радови који су захтевали више експерименталних техника и који су резултат сарадње са другим групама: два рада са 9 аутора и два рада са 10 аутора, су на одговарајући начин нормирани као експериментални радови у природно-математичким наукама са више од седам аутора.

### **3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима**

Соња Ашкрабић је руководила пројектом „Металне и полупроводничке наноструктуре и њихова примена у визуелном осликавању биоматеријала“ у оквиру програма билатералне научне и технолошке сарадње између Републике Србије и Републике Белорусије за период 2016-2018.

Кандидаткиња је била члан координационог одбора (Management Comitee) COST акције BM1403 „Raman for clinics“ у периоду 2014–2018, која се бавила унапређењем методе и инструментације Раманове спектроскопије, као и алгоритама за анализу података ради примене у биомедицини.

У прилогу су дати одлука Министарства просвете науке и технолошког развоја о финансирању билатералног пројекта са Белорусијом и извод са интернет странице COST акције BM1401.

### **3.5 Активности у научним и научно-стручним друштвима**

Кандидаткиња је члан Друштва за керамичке материјале Србије. Рецензент је за часописе: *Materials Chemistry & Physics*, *Journal of Raman Spectroscopy*, *Physica Status Solidi b*, *Chemical Engineering Journal*.

### **3.6 Утицајност научних резултата**

Утицајност научних резултата је представљена у поглављу 4.1, а у прилогу су дати подаци о цитираности са интернет странице Scopus базе.

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

У радовима на којима је водећи или други аутор, кандидаткиња је имала кључан или значајан допринос у осмишљавању проблематике и избору приступа и методологије, експерименталном делу рада, моделовању и анализи резултата. Радове на којима је први аутор је написала у целини, а написала је значајан део једног рада на коме је други аутор. У случају осталих радова кандидаткиња је изводила експерименте раманске и фотолуминесцентне спектроскопије и/или моделовање добијених спектра, анализирала резултате и учествовала у писању већине ових радова. У два рада кандидаткиња је синтетисала испитиване узорке.

У току боравка на Институту за фотонске технологије кандидаткиња је дала допринос у развоју „line-scanning“ модула на Раман систему прилагођеном за снимање спектра еукариотских ћелија, који су дизајнирали чланови групе. Резултати рада су представљени у конференцијском раду у „Biomedical Spectroscopy and Imaging“. Експеримент је у целини изведен на Институту за фотонске технологије у Јени.

### **3.8 Уводна предавања на конференцијама и друга предавања**

Кандидаткиња је држала предавање по позиву у Друштву за керамичке материјале Србије, у Београду 2011. године. Назив предавања је: "Луминесценција електронских стања у енергетском процепу нанокристала  $\text{CeO}_2$  допираних са Pr". У прилогу је дато позивно писмо за држање предавања.



#### 4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

Остварени бодови по категоријама у периоду након одлуке научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања дати су у табели.

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова (нормирано)
М21	8	6	48 (37.42)
М22	5	1	5 (5)
М33	1	2	2
М34	0.5	3	1.5

Поређење са минималним квантитативним условима за реизбор у звање научни сарадник:

Диференцијални услов- од првог избора у звање научни сарадник до реизбора у звање научни сарадник	Минималан број М бодова	Остварено (нормирано)
Укупно	16	56.5 (45.92)
М10+М20+М31+М32+М33+М41+М42	10	55 (44.42)
М11+М12+М21+М22+М23+М24	6	53 (42.42)

Према Scopus бази, радови кандидаткиње су цитирани 477 пута, 433 пута без аутоцитата. Према истој бази, h-фактор кандидаткиње је 11 (без аутоцитата свих аутора).

## ЗАКЉУЧАК

Анализом научне активности и показатеља рада, као што су број радова, цитираност, квалитет часописа, међународна научна сарадња, рецензије у међународним часописима, вођење пројекта билатералне сарадње, закључили смо да кандидаткиња задовољава све квантитативне и квалитативне услове за реизбор у звање научни сарадник који су прописани Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

На основу наведеног, Научном већу Института за физику у Београду предлагемо да усвоји овај извештај и подржи предлог за реизбор др Соње Ашкрабић у звање научни сарадник.

У Београду, 16.07.2019. године

Чланови комисије:

1. Др Зорана Дохчевић-Митровић

научни саветник, Институт за физику у Београду

2. Др Борислав Васић

виши научни сарадник, Институт за физику у Београду

3. Др Стеван Стојадиновић

редовни професор, Физички факултет