

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/242
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

15.08.2018.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Синтеза и карактеризација наноструктурних материјала на бази цинк-оксида, титан-диоксида и церијум-диоксида за примену у фотокатализи“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

БОЈАНА (Милинко) СИМОВИЋ, дипломирани инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.**

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: /

5. Година дипломирања: /

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2011/2012. године.

На захтев студента, а увидом у приложена документа, декан је донео Решење број 20/25 од 31.03.2017. године о мировању права и обавеза у шк. 2016/2017. години због неге детета до годину дана живота.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће**, на седници одржаној **06.07.2018. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Бојану Симовић, дипл. инж. технологије**

Име и презиме ментора: **Александра Дапчевић**

Звање: **доцент, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Dapčević A.**, Poleti D., Karanović Lj., Rogan J., Dražić G.: *Coexistence of several sillenite-like phases in pseudo-binary and pseudo-ternary systems based on Bi_2O_3* , - Solid State Sciences, Vol 25, 2013, pp. 93–102. (IF = 1,679, ISSN: 1293-2558)
2. **Dapčević A.**, Poleti D., Rogan J., Radojković A., Radović M., Branković G.: *A new electrolyte based on Tm^{3+} -doped $\delta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ -type phase with enhanced conductivity*, - Solid State Ionics, Vol 280, 2015, pp. 18–23. (IF = 2,561, ISSN: 0167-2738)
3. Luković Golić, D., Radojković A., Ćirković J., **Dapčević A.**, Pajić D., Tasić N., Savić S. M., Počuča-Nešić, M., Marković S., Branković G., Marinković Stanojević Z., Branković Z.: *Structural, ferroelectric and magnetic properties of BiFeO_3 synthesized by sonochemically assisted hydrothermal and hydro-evaporation chemical methods*, - Journal of the European Ceramic Society, Vol 36, 2016, pp. 1623–1631. (IF = 3,411, ISSN: 0955-2219)
4. Maletić M., Vukčević M., Kalijadis A., Janković-Častvan I., **Dapčević A.**, Laušević Z., Laušević M.: *Hydrothermal synthesis of TiO_2 /carbon composites and their application for removal of organic pollutants*, - Arabian Journal of Chemistry, <https://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.06.020> (IF = 4,553, ISSN: 1878-5352)
5. Radojković A., Luković Golić, D., Ćirković J., Marinković Stanojević, Z., Pajić D., Torić F., **Dapčević A.**, Vulić P., Branković Z., Branković G., *Tuning of BiFeO_3 multiferroic properties by light doping with Nb*, - Ceramics International, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.06.103> (IF = 2,986, ISSN: 0272-8842)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је

Министарство за науку класификовало као М24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 18. јун 2018. год.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 06.07.2018. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Бојане Симовић**, дипломираног инжењера технологије, под називом: „**Синтеза и карактеризација наноструктурних материјала на бази цинк-оксида, титан-диоксида и церијум-диоксида за примену у фотокатализи**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Александра Дапчевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидата Бојане Симовић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/184 од 31. 5. 2018. године именовани смо у Комисију за оцену подобности теме и кандидата Бојане Симовић, дипл. инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Синтеза и карактеризација наноструктурних материјала на бази цинк-оксида, титан-диоксида и церијум-диоксида за примену у фотокатализи”.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бојана Симовић рођена је 18. 7. 1986. године у Пожеги. Основну школу и гимназију општег смера, завршила је у Ариљу са одличним успехом. Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду уписала је 2005, а дипломирала 2011. године на одсеку Инжењерство материјала, са просечном оценом 8,49 и оценом 10 на дипломском раду. Школске 2011/12. године, уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, смер Инжењерство материјала, под менторством др Дејана Полетија, ред. проф. на Катедри за општу и неорганску хемију. Од школске 2017/18. године за ментора докторске дисертације кандидата Бојане Симовић именована је др Александра Дапчевић, доцент на Катедри за општу и неорганску хемију, због одласка др Дејана Полетија у пензију. Бојана Симовић је запослена у Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду од јануара 2012. године као истраживач-приправник, а 3. 11. 2014. године изабрана је у звање истраживач-сарадник.

Бојана Симовић је члан Српског хемијског друштва, Српског кристалографског друштва и Друштва за керамичке материјале Србије.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Бојана Симовић је од јануара 2012. године ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја (број пројекта III 45007) под називом „0-3Д наноструктуре за примену у електроници и обновљивим изворима енергије: синтеза, карактеризација и процесирање“, под руководством др Горана Бранковића, научног саветника у Институту за мултидисциплинарна истраживања.

У оквиру докторских студија кандидат је положио све програмом предвиђене испите, укључујући и завршни испит, под називом „Хидротермална синтеза титан-диоксида и цинк-оксида, и њихова примена као фотокатализатора“ са просечном оценом 9,83. Списак положених испита и оцена приказан је у табели:

	Положени испити	Оцена	ЕСПБ
1.	Метал, угљенични и керамички композити	10	3
2.	Термодинамика чврстог стања	10	5
3.	Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
4.	Наука о материјалима и инжењерство материјала	9	6
5.	Хемијска кинетика	10	5
6.	Теоријски принципи и практични аспекти припреме воде за пиће и примену у индустрији	10	4
7.	Квантификација визуелних информација у испитивању материјала	10	4
8.	Физика материјала	10	4
9.	Електродни материјали	10	5
10.	Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
11.	Методе карактеризације керамичких и стакластих материјала	10	4
12.	Завршни испит – приступни рад за израду докторске дисертације	9	30
13.	Енглески језик	10	
Средња оцена/Укупно бодова		9,83	80

Бојана Симовић је коаутор два рада објављена у врхунским међународним часописима (M21), три рада објављена у истакнутим међународним часописима (M22), једног рада објављеног у часопису међународног значаја (M23), седам радова саопштених на скуповима међународног значаја штампаних у изводу (M34) и четири рада саопштена на скуповима националног значаја (M64).

Списак објављених радова који опредељују афинитет кандидата ка предложеној теми

Радови објављени у врхунским међународним часописима (M21)

1. Zdravković J., **Simović B.**, Golubović A., Poleti D., Veljković I., Šćepanović M., Branković G.: *Comparative Study of CeO₂ Nanopowders Obtained by Hydrothermal Method from Various Precursors*, - *Ceramics International*, Vol 41, No 2, 2015, pp. 1970-1979. (ISSN: 0272-8842, IF: 2,758)
2. Tomić N., Grujić-Brojčin, M., Finčur N., Abramović B., **Simović B.**, Krstić J., Matović B., Šćepanović M.: *Photocatalytic degradation of alprazolam in water suspension of brookite type TiO₂ nanopowders prepared using hydrothermal route*, - *Materials Chemistry and Physics*, Vol 163, 2015, pp. 518-528. (ISSN: 0254-0584, IF: 2,259).

Радови објављени у истакнутим међународним часописима (M22)

1. Golubović A., **Simović B.**, Gašić S., Mijin D., Matković A., Babić B., Šćepanović M.: *Sol-gel Synthesis of Anatase Nanopowders for Efficient Photocatalytic Degradation of Herbicide Clomazone in Aqueous Media*, - *Science of Sintering*, Vol 49, No 3, 2017, pp. 319-330. (ISSN: 0350-820X, IF: 0,781)
2. **Simović B.**, Poleti D., Golubović A., Matković A., Šćepanović M., Babić B., Branković G.: *Enhanced photocatalytic degradation of RO16 dye using Ag modified ZnO nanopowders prepared by the solvothermal method*, - *Processing and application of ceramics*, Vol 11, No 1, 2017, pp. 27-38. (ISSN: 1820-6131, IF: 1,070)
3. Golubović A., **Simović B.**, Šćepanović M., Mijin D., Matković A., Grujić-Brojčin, M., Babić B.: *Synthesis of Anatase Nanopowders by Sol-gel Method and Influence of*

Радови објављени у часописима међународног значаја (M23)

1. **Simović B.**, Golubović A., Veljković I., Poleti D., Zdravković J., Mijin D., Bjelajac A.: *Hydro- and solvothermally-prepared ZnO and its catalytic effect on photodegradation of Reactive Orange 16 dye*, - Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 11, 2014, pp. 1433-1443 (ISSN: 0352-5139, IF: 0,912).

Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у изводу (M34)

1. **Simović B.**, Veljković I., Rečnik A., Đokić V., Poleti D., Petrović R.: *Adsorption and photocatalytic of Reactive Orange 16 dye with hydrothermally modified anatase*, - First International Conference on Processing, characterization and application of nanostructured materials and nanotechnology (Nanobelgrade 2012), Belgrade, Serbia, September 26-28, 2012., Programme&Book of Abstract, pp. 116.
2. **Simović B.**, Veljković I., Poleti D., Branković G.: *Hydrothermal treatment of nanoanatase with alkali and alkaline earth hydroxides*, - 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Belgrade, Serbia, June 5-7, 2013., Programme&Book of Abstract, pp.61.
3. Golubović A., **Simović B.**, Veljković I.: *Photocatalytic properties of hydro-and solvothermally prepared nanosized ZnO*, - 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Belgrade, Serbia, June 5-7, 2013., Programme&Book of Abstract, pp.59.
4. Golubović A., **Simović B.**, Tanasijević J., Veljković I.: *Nanopowders of CeO₂ obtained by hydrothermal method from various precursors*, - 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society, Belgrade, Serbia, June 5-7, 2013., Programme&Book of Abstract, pp.59.
5. **Simović B.**, Poleti D., Kovač S., Bjelajac A., Dapčević A., Branković G.: *Photocatalytic degradation of textile dye with hydrothermally modified nanoanatase*, - 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade, Serbia, June 15-17, 2015., Programme and the Book of Abstracts, pp. 82.
6. Golubović A., **Simović B.**, Gasić S., Mijin D., Matković A., Babić B.: *Synthesis of anatase nanopowders by sol-gel method and photocatalytic degradation of the pure active substance and commercial product of herbicide clomazone*, -The Fourth Serbian Ceramic Society Conference, Advanced Ceramics and Applications, Serbian Ceramic Society, Serbia, September 21-23, 2015., pp.72.
7. Zdravković J., Radovanović L., **Simović B.**, Poleti D., Rogan J., Radovanović Ž., Mihajlovski K.: *ZnO nanopowders obtained by thermolysis of zinc benzenedicarboxylate complexes with 2,2'-dipyridylamine*, - 4th International Conference The Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade, Serbia, 14 - 16 June, 2017., Book of abstracts, pp. 79.

Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у изводу (M64)

1. Tanasijević J., Poleti D., Veljković I., Rogan J., **Simović B.**: *New method for synthesis of dilithium terephthalate*, - Conference Proceeding: First International Conference of Young Chemists of Serbia 2012., Belgrade, Serbia, October 19-20, 2012., Book of Abstracts, pp. 65.
2. **Simović B.**, Poleti D., Dapčević A., Branković G., Matković A., Golubović A.: *Enhanced photocatalytic activity of Ag modified ZnO nanopowders prepared by solvothermal method*, - 22nd Conference of the Serbian Crystallographic Society, Smederevo, Serbia, June 11-13, 2015., Abstracts, pp. 32.

3. Zdravković J., **Simović B.**, Radovanović L., Rogan J.: *Zinc benzenepolycarboxylato complexes as a source for photocatalytic active ZnO*, - Fourth conference of young chemists, Belgrade, Serbia, November 5, 2016., Book of abstracts, pp. 95.
4. Zdravković J. D., Radovanović L. D., **Simović B. M.**, Poleti D. D., Rogan J. R., Zeković I., Damićanin M. D., Mihajlovski K.R., Radovanović Ž.M.: *Decomposition mechanism and kinetics of zinc-isophthalate complex with 2,2'-dipyridylamine as a precursor for obtaining nanosized zinc oxide*, - Fifteenth Young Researchers Conference - Materials Science and Engineering, Belgrade, Serbia, December 7-9, 2016., Book of abstracts, pp. 47.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У свом досадашњем раду кандидат Бојана Симовић, дипл. инж. технологије, постигла је значајне резултате, показавши висок степен самосталности и способности за научно-истраживачки рад. Кандидат је коаутор шест научних радова објављених у међународним часописима, од којих су два из категорије M21, три рада из категорије M22 и један рад из категорије M23, а саопштила је и седам радова на међународним научним скуповима и четири рада на скуповима националног значаја. На основу изложеног Комисија сматра да је Бојана Симовић квалитетом остварених научних резултата, као и својом компетентношћу и залагањем, испунила све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у предложеној докторској дисертацији јесте развој и оптимизација различитих метода синтезе за добијање наноструктурних материјала на бази цинк-оксида, титан-диоксида и церијум-диоксида са побољшаним фотокаталитичким својствима. Наиме, ради ефикасније разградње загађујућих материја, процес хетерогене фотокатализе се последњих година интензивно испитује у циљу проналажења одговарајућих материјала који би имали улогу катализатора са што већом ефикасношћу. Већина штетних органских једињења успешно се и у потпуности разграђује у процесу фотокатализе до CO_2 и H_2O . Хетерогена фотокатализа се заснива на озрачивању катализатора [1-5] при чему се он побуђује, и као последица се стварају електрондонорска (редукциона) и електронакцепторска (оксидациона) места. Процес је хетероген због постојања две активне фазе, чврсте (катализатора) и течне (раствор загађивача). При испитивању фотокаталитичких процеса највише се користе UV светлост, сунчева светлост и симулирана сунчева светлост, док су као катализатори најчешће у употреби оксидни полупроводници у наноструктурном облику [4,5]. Осим што мора бити биолошки и хемијски стабилан, нетоксичан и економски исплатив, да би наноматеријал показао фотокаталитичку активност мора испуњавати и одређене критеријуме по питању кристалне структуре једињења, величине кристалита, морфологије, ширине енергетског процепа, специфичне површине (број и величина пора), доступности активних места, тј. броја и природе блокираних места. Осим наведеног, битно је познавати и како се материјал понаша при процесима адсорпције и десорпције.

Познато је да наноматеријали базирани на цинк-оксиду, титан-диоксиду и церијум-диоксиду поседују разноврсна термичка, механичка, оптичка, магнетна и електрична својства и као такви представљају једне од интересантнијих материјала у хемији чврстог стања и науци о материјалима последњих година. Ови материјали налазе примену у медицини, фармацији, екологији, а једна од њихових значајнијих примена јесте и у својству фотокатализатора [5].

Досадашња фотокаталитичка истраживања највише су била базирана на TiO_2 , јер показује добру ефикасност у UV области, еколошки је прихватљив и комерцијално је

доступан [1-4, 6-8]. Међутим, и ZnO све више постаје алтернативни фотокатализатор [9, 10] јер је погодан за разградњу загађујућих супстанци делом и у видљивој области сунчевог спектра што представља његову велику предност, а такође је и економичнији од TiO₂. У погледу CeO₂, за сада оскудна литература већином говори о његовим dobrim адсорпционим својствима [11], док су фотокаталитичка својства недовољна истражена, али се могу наћи подаци да он може бити бољи фотокатализатор чак и од TiO₂ [12]. Модификовањем оксидних полупроводника допирањем, као и синтезом нанокомпозита на бази ових оксида могла би се побољшати како адсорпциона тако и фотокаталитичка својства.

Научни циљеви истраживања ове докторске дисертације биће усмерени на различите методе синтезе (хидротермална, солвотермална и таложна) појединачних ZnO, TiO₂ и CeO₂, али и нанокомпозита базираних на наведеним оксидима, у циљу добијања наноматеријала са што бољим фотокаталитичким својствима. У случају ZnO, биће додатно испитана и могућност модификације сребром у циљу смањења енергетског процепа и померања апсорпције ка видљивом делу спектра, али и побољшања биолошке активности. Кроз делимичну или потпуну фазну трансформацију комерцијалног наноанатаса до слојевитих титаната, испитиваће се фотокаталитичка активност различитих структурних модификација. Синтеза нанокомпозита има за циљ добијање материјала бољих функционалних својстава од својстава основних оксида ZnO, TiO₂ и CeO₂, услед синергијског ефекта најбољих карактеристика појединачних оксида [13-16].

Фотокаталитичка и адсорпциона моћ добијених наноматеријала биће испитана кроз утицај структурних, микроструктурних, морфолошких и оптичких својстава на разградњу и уклањање канцерогених и токсичних текстилних боја (*Reactive Orange 16*, *Acid green 25*, *Ethyl Violet*, *Mordant blue 9*), чије присуство у отпадним водама представља велику опасност за живи свет. С обзиром на растућу резистентност бактерија и гљивица на постојеће антибиотике, посебан осврт биће дат испитивању антимикуробних својстава ZnO, који се показао као обећавајући материјал у инхибицији микроорганизама [5, 10]. У том циљу, биће испитано дејство ZnO, као и дејство овог оксида модификованог сребром на бактерије *Staphylococcus aureus* и *Echerichia coli*, као и гљивицу *Candida Albicans*.

Релевантни библиографски извори повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације, који уједно представљају основу за даљи ток истраживања су следећи:

- [1] Malato S., Fernandez-Ibanez P., Maldonado M. I., Blanco J., Gernjak W.: *Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends*, - Catalysis Today, Vol 147, 2009, pp. 1-60.
- [2] Pozzo R. L., Baltanas M. A., Cassano A. E.: *Supported titanium oxide as photocatalyst in water decontamination: State of the art*, - Catalysis Today, Vol 39, 1997, pp. 219-231.
- [3] Kaan C. C., Aziz A. A., Ibrahim S., Matheswaran M., Saravanan P.: *Heterogeneous Photocatalytic Oxidation an Effective Tool for Wastewater Treatment, A Review*, - Studies on Water Management Issues, Intech Publishers, USA, 2012, pp. 219-236.
- [4] Ahmed S., Rasul M.G., Martens W.N., Brown R., Hashib M.A.: *Advances in Heterogeneous Photocatalytic Degradation of Phenols and Dyes in Wastewater: A Review*, - Water, Air, & Soil Pollution, Vol 215, 2011, pp. 3-29.
- [5] Ibhadon A.O., Fitpatrick P.: *Heterogeneous Photocatalysis: Recent Advances and Applications*, - Catalysts, Vol 3, 2013, pp. 189-218.
- [6] Bavykin D.V., Walsh F.C.: *Titanate and Titania Nanotubes Synthesis, Properties and Applications*, - RSC Nanoscience and Nanotechnology, Cambridge, UK, 2010.
- [7] Zhang Y., Jiang Z., Huang J., Lim Y. W. L., Li W., Deng J., Gong D., Tang Y., Lai Y., Chen Z.: *Titanate and titania nanostructured materials for environmental and energy applications: a review*, - RSC Advances, Vol 5, 2015, pp 79479-79510.

- [8] Kordas K., Mohl M., Konya Z., Kukovec A.: *Layered titanate nanostructures: perspectives for industrial exploitation*, - Translational Materials Research, Vol 2, 2015, pp. 015003.
- [9] Lam S.M., Sin J.C, Abdullah A.Z., Mohamed A.R.: *Degradation of wastewaters containing organic dyes photocatalysed by zinc oxide: a review*, - Desalination and Water Treatment, Vol 41, 2012, pp. 131-169.
- [10] Kołodziejczak-Radzimska A., Jesionowski T.: *Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review*, - Materials, Vol 7, 2014, pp. 2833-2881.
- [11] Tomić N. M., Dohčević-Mitrović, Z. D., Paunović N.M., Mijin D. Ž., Radić N. D., Grbić B. V, Aškrabić S. M., Babić B. M., Bajuk-Bogdanović, D. V.: *Nanocrystalline CeO_{2-δ} as effective adsorbent of azo dyes*, - Langmuir, Vol 30, 2014, pp. 11582-11590.
- [12] Ji P., Zhang J., Chen F., Anpo M.: *Study of adsorption and degradation of acid orange 7 on the surface of CeO₂ under visible light irradiation*, - Applied Catalysis B: Environmental, Vol 85, 2009, pp. 148-154.
- [13] Boro B., Gogoi B., Rajbongshi B.M., Ramchiary A.: *Nano-structured TiO₂/ZnO nanocomposite for dye-sensitized solar cells application: A review*, - Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 81, 2018, pp. 2264-2270.
- [14] Chen D., Zhang H., Hu S., Li J.: *Preparation and Enhanced Photoelectrochemical Performance of Coupled Bicomponent ZnO-TiO₂ Nanocomposites*, - The Journal of Physical Chemistry C, Vol 112, 2008, pp. 117-122.
- [15] Kaur J., Bhukal S., Gupta K., Tripathy M., Bansal S., Singhal S.: *Nanocomposite of CeO₂ and ZnO: An active material for the treatment of contaminated water*, - Materials Chemistry and Physics, Vol 177, 2016, pp. 512-520.
- [16] Kallappa D., Venkatarangaiah V. T.: *Synthesis of CeO₂ doped ZnO nanoparticles and their application in Zn-composite coating on mild steel*, - Arabian Journal of Chemistry, 2018, doi: 10.1016/j.arabjc.2018.04.014.

3. Полазне хипотезе

На основу литературних података и прелиминарних резултата истраживања кандидата Бојане Симовић, могу се поставити следеће хипотезе:

➤ Полазећи од разних прекурсора, поступцима синтезе као што су хидротермални, солвотермални и таложни, могу се добити нанодимензиони прахови оксида контролисане стехиометрије са честицама жељених морфологија. Очекује се да оптимизација наведених метода синтезе омогући добијање појединачних нанооксида и нанокомпозиата на бази ZnO, TiO₂ и CeO₂ побољшаних фотокаталитичких, адсорпционих или антимикуробних својстава.

➤ Брзина разградње и уклањања канцерогених и токсичних текстилних боја зависи од врсте катализатора, али и структурних, микроструктурних, морфолошких и оптичких својстава добијених наноматеријала због чега се те особине морају детаљно испитати.

➤ Нанопрахови на бази ZnO би требало да покажу добру фотокаталитичку активност и у видљивој области спектра. Модификовање ZnO сребром би требало да доведе до додатног померања апсорпције ка видљивом делу спектра. Увођењем сребра очекује се и побољшање иначе добре биолошке активности ZnO. Структурном модификацијом наноанатаса, који показује добру фотоефикасност у UV области, требало би да се добију слојевити титанати, који су још недовољно истражени у примени за фотокатализу. Од синтетисаних наноправова CeO₂ се очекује пре свега добра адсорпциона моћ. Нанокомполит ZnO/TiO₂ би требало да фотокаталише у далеко ширем опсегу таласних дужина светлости него сваки од наведених

оксида посебно, док би наноккомпозит ZnO/CeO₂ требало да покаже синхронизовано адсорпционо и фотокаталитичко дејство.

4. Научне методе истраживања

За синтезу простих наноструктурних материјала и наноккомпозита на бази ZnO, TiO₂ и CeO₂ користиће се хидротермална, солвотермална и метода таложења, као ефикасне и економичне методе за добијање наноматеријала одличних карактеристика и дизајна. Полазне супстанце као и услови третмана биће прилагођени сваком систему. Прекурсори за добијање нанопрахова који садрже ZnO биће цинк-ацетат и цинк-нитрат, у случају CeO₂ то ће бити церијум(III)-нитрат, церијум(III)-хлорид, амонијум-церијум(IV)-нитрат и церијум(IV)-сулфат, док ће у случају TiO₂ бити модификован комерцијални анатас. Добијени наноматеријали биће анализирани различитим методама карактеризације:

- рендгенском дифракцијом праха (XRPD), трансмисионом електронском микроскопијом и електронском дифракцијом са одабране површине узорка (HRTEM/SAED), као и скенирајућом електронском микроскопијом (SEM/FE-SEM) за идентификацију, одређивање фазног састава узорака и појединих структурних и микроструктурних параметара, као и за утврђивање морфолошких карактеристика (облик и величина наночестица),

- термогравиметријском анализом (TGA) и диференцијалном термичком анализом (DTA) за одређивање садржаја кристалне и адсорбоване воде у узорцима, као и вредности температуре фазних прелаза,

- Раман и FTIR спектроскопијом, као помоћним методама у структурној карактеризацији,

- енергетском дисперзивном спектроскопијом (EDS) за елементарну анализу,

- BET и BJH методама за одређивање специфичне површине добијених материјала и расподеле величине пора,

- UV-VIS-NIR спектроскопијом за испитивање оптичких својстава прахова.

Фотокаталитичка активност добијених нанопрахова биће пре свега тестирана на разградњи текстилне азо боје *Reactive Orange 16*, а катализатори са најбољим карактеристикама биће искоришћени за разградњу и уклањање других текстилних боја (*Acid green 25*, *Ethyl Violet*, *Mordant blue 9*). Промена концентрације раствора боја у присуству фотокатализатора пратиће се мерењем апсорбансе на UV-VIS спектрофотометру у одређеним временским интервалима до потпуне деградације боје. Специјално, због добро познатих антимикробних својстава ZnO, ови узорци биће испитани на Грам позитивну (*Staphylococcus aureus*) и Грам негативну (*Echerichia coli*) бактерију, као и на гљивицу *Candida Albicans*.

5. Очекивани научни допринос

Од резултата истраживања у оквиру ове докторске дисертације очекује се следећи научни допринос:

- развој и оптимизација различитих метода синтезе за добијање наноструктурних оксидних материјала на бази ZnO, TiO₂ и CeO₂ са побољшаним карактеристикама у односу на постојеће;
- успостављање корелације између синтезе, структуре и својстава једињења са њиховом потенцијалном применом: утицај различитих метода синтезе и различитих експерименталних услова на структурна, микроструктурна, оптичка, морфолошка и фотокаталитичка својства добијених наноматеријала;

- утицај различитих удела и расподеле сребра на карактеристике ZnO и његову фотокаталитичку и биолошку активност;
- оптимизација услова хидротермалног третмана TiO₂, са циљем снижења температуре и скраћења третмана, као и значајном смањењу концентрације минерализатора, ради добијања слојевитих титаната контролисане стехиометрије, морфологије и величине честица;
- испитивање различитих прекурсора за добијање CeO₂ ради унапређења његове фотокаталитичке и адсорпционе моћи;
- добијање нових нанокмпозитних материјала ZnO/TiO₂ и ZnO/CeO₂ са побољшаним фотокаталитичким својствима у односу на основне оксиде;
- испуњење услова о економичности процесирања, као важним параметром за индустријску производњу еколошки прихватљивих наноматеријала са високом фотокаталитичком, адсорпционом или биолошком активношћу.

6. План истраживања и структура рада

Према плану истраживања, први део активности би обухватао три релативно независна правца: синтеза нанопрахова ZnO различитим методама полазећи од различитих прекурсора, као и модификовање добијених ZnO сребром; хидротермални третман комерцијалног TiO₂ на различитим условима; синтеза нанопрахова CeO₂ полазећи од различитих прекурсора. Током другог дела активности сви добијени производи ће бити испитани различитим методама карактеризације у циљу одређивања структурних параметара, величине кристалита, морфологије, ширине енергетског процепа и специфичне површине, којима ће се објаснити фотокаталитичка и адсорпциона активност сваког производа, и биолошке активности у случају цинк-оксида. Трећи део истраживања у докторској дисертацији односиће се на синтезу и карактеризацију нанокмпозита ZnO/TiO₂ и ZnO/CeO₂ за које ће бити одабрани основни оксиди који су показали најбоља својства.

Докторска дисертација ће обухватити следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

У поглављу *Увод* биће размотрена актуелност теме, дефинисан предмет и главни циљеви истраживања.

Теоријски део обухватиће анализу досадашњих истраживања кроз преглед структуре, морфологије и најзначајнијих физичко-хемијских својстава наноструктурних материјала на бази ZnO, TiO₂ и CeO₂, као и различитих метода за њихово добијање. Такође ће бити наведене могућности примене ових наноматеријала, а посебна пажња биће посвећена фотокатализи за разградњу токсичних и канцерогених текстилних боја.

У *Експерименталном делу* биће наведени материјали и приказане методе синтезе које ће се користити у раду. Укратко ће бити описане и методе карактеризације којима ће производи бити испитивани током израде дисертације, са детаљним описом апаратуре за испитивање фотокатализе.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и дискутовани резултати експерименталног рада и упоређени са литературним подацима у циљу утврђивања везе између синтезе, физичко-хемијских својстава и фотокаталитичке, адсорпционе и биолошке ефикасности добијених наноматеријала. Специјално, фотокаталитичка активност добијених материјала ће бити упоређена и са референтним комерцијалним наноправовима који се у свету користе као стандардни и водећи материјали у области фотокатализе.

Закључак ће сумирати најважније резултате целокупног истраживања уз осврт на предности коришћених метода синтезе у односу на друге поступке који се могу наћи у литератури, са аспекта једноставности и економичности, али пре свега са аспекта примене добијених материјала у фотокатализи.

У делу *Литература* ће бити наведени радови и литературни извори цитирани у дисертацији, као и радови проистекли током израде докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима може се закључити да кандидат Бојана Симовић, дипл. инж. технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. На основу свега што је наведено, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом „Синтеза и карактеризација наноструктурних материјала на бази цинк-оксида, титан-диоксида и церијум-диоксида за примену у фотокатализи” научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да је прихвати. За ментора се предлаже др Александра Дапчевић, доцент на Катедри за општу и неорганску хемију Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду.

У Београду, 18. јун 2018.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Александра Дапчевић, доцент,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Јелена Роган, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Горан Бранковић, научни саветник,
Универзитет у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања