

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену докторске дисертације Христине В. Шалипур, мастер хемичара

На редовној седници Наставно научног већа Хемијског факултета Универзитета у Београду, одржаној дана 12. децембра 2024. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Христине В. Шалипур, мастер хемичара, под насловом:

„Добијање водоника фотокаталитичким разлагањем воде коришћењем допираних титанатних нанокатализатора“

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је, на захтев Хемијског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 27. јануара 2022. године, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације под редним бројем 61206-201/2-22. Комисија је докторску дисертацију прегледала и Наставно научног већу подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација Христине В. Шалипур написана је на 107 страна А4 формата (фонт Times New Roman; величина 12 pt; проред 1; маргине 2 cm), а садржи 49 слика и 14 табела. Докторска дисертација је подељена на 6 поглавља:

1. Увод (2 стране), 2. Теоријски део (32 стране), 3. Експериментални део (10 страна), 4. Резултати и дискусија (44 стране), 5. Закључак (2 стране) и 6. Литература (17 страна, 292 цитата). Поред тога дисертација садржи: насловне стране (по 1 страна) и сажетак (по 1 страна) на српском и енглеском језику, страну са именима чланова комисије (1 страна), захвалницу (2 стране), садржај (3 стране), кратку биографију кандидата (1 страна), изјаве о ауторству, истоветности (по 1 страна) и коришћењу (2 стране), списак слика (2 стране) и списак табела (1 страна).

Увод садржи предмет и циљ истраживања докторске дисертације, као и кратак осврт на актуелна истраживања која су од значаја за докторску дисертацију. Увод истиче значај растуће глобалне потражње за енергијом и потребу за развојем алтернативних извора горива, с обзиром на изазове који проистичу из климатских промена и загађења животне средине узрокованог коришћењем фосилних горива. Посебан акценат стављен је на водоник као алтернативно гориво, с обзиром на његове изузетне карактеристике, висок енергетски потенцијал и могућност одрживе производње уз значајно смањење емисије штетних гасова. Поред тога, у уводу се разматра значај фотокаталитичке производње водоника као еколошки одрживог процеса, који омогућава искоришћење сунчеве енергије за добијање водоника из воде. Разматране су могућности примене фотокатализе у процесу разлагања воде и фотореформингу, уз коришћење TiO_2 и титанатних катализатора, при чему је посебна пажња посвећена допирању TiO_2 како би

се побољшала његова ефикасност у видљивом делу соларног спектра. Размотрени су изазови повезани са механистичким разумевањем фотокаталитичких реакција и дизајнирањем материјала са побољшаним фотокаталитичким својствима.

У поглављу **Теоријски део** презентована је детаљна анализа литературних података који се баве каталитичком производњом водоника и подељен је на десет раздела. Прва три раздела су посвећена фосилним горивима и обновљивим изворима енергије уз детаљни преглед литературних извода и навода. Поред историјата водоника изложена је технологија производње водоника са посебним освртом на производњу водоника из фосилних горива и обновљивих извора. Детаљно су анализирани карактеристике водоника као горива у односу на друга горива која се тренутно користе. У четвртном разделу описани су основни појмови који се користе у катализи и фотокатализи, као и кратак историјат каталитичких и фотокаталитичких процеса. У петом разделу истакнут је значај и детаљно описан процес фотокаталитичког разлагања воде, укључујући опште принципе овог процеса, термодинамичке и кинетичке изазове реакције фотокаталитичког разлагања воде и фотореформинг различитих оксигената. У шестом разделу дат је основни преглед полупроводничких материјала као и услова који морају бити испуњени како би се остварили процеси фотокаталитичког разлагања воде. У седмом и осмом разделу дат је литературни преглед најчешће коришћених фотокаталитичких материјала – TiO_2 и титаната са посебним освртом на различите кристалне структуре TiO_2 које се примењују у фотокаталитичком разлагању воде, као и различите структуре титаната међу којима се издвајају метал-титанати. У деветом разделу дате су основне функције ко-катализатора који се користе у фотокаталитичким процесима. У разделу десет дат је преглед различитих модификација TiO_2 које се користе, при чему је највећи значај дат допирању металима и неметалима, формирању композитних материјала као и модификацијама морфологије.

У поглављу **Експериментални део** наведени су материјали, реагенси и хемикалије који су коришћени током реализације експеримената. Детаљно су описане синтезе катализатора и методе за њихову карактеризацију. У оквиру овог поглавља описан је поступак и експериментални услови извођења фотокаталитичких тестова.

У поглављу **Резултати и дискусија** детаљно су приказани сви резултати добијени током израде ове докторске дисертације. Представљени су резултати добијени рендгенско-дифракционом анализом (XRD), пулсном хемисорпцијом угљеник(II)-оксидом (CO-PA), скенирајућом електронском микроскопијом (SEM), трансмисионом електронском микроскопијом у режиму скенирајуће трансмисије (STEM), нискотемпературном физисорпцијом азота, инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеовом трансформацијом у режиму дифузне рефлексије (DRIFTS), електрохемијском карактеризацијом, дифузионо-рефлексионом спектроскопијом, температурно-програмираном редуцијом (TPR), температурно-програмираном десорпцијом (TPD) испитиваних узорака и фотоелектронском спектроскопијом X – зрацима (XPS). Поред поменутих метода карактеризације катализатора, у овом поглављу приказани су резултати фотокаталитичких тестова добијања водоника помоћу: никл-титанатних нанокатализатора и никл-титанатних нанокатализатора допираних азотом при чему је испитан утицај различитих параметара (утицај садржаја никла и садржаја натријума; утицај температуре редуције као и тестови стабилности); платина-титанатних композитних нанокатализатора допираних угљеником и испитивање деактивације; платина-титанатних нанокатализатора допираних азотом код којих је испитиван утицај алкохола као што су дужина и разгранатост угљеводоничног ланца на брзину производње водоника.

Закључак даје сумиран преглед резултата остварених у оквиру ове докторске дисертације.

У поглављу **Литература** приказани су научни радови, књиге и други релевантни извори информација из области истраживања који су коришћени током израде дисертације. Поглавље садржи 292 литературна навода.

Б. Кратак приказ резултата

У оквиру ове докторске дисертације синтетисани су допирани титанатни нанокатализатори с циљем добијања једнодимензионалних (1Д) материјала високе фотокаталитичке активности и испитана је њихова активност у процесу фотокаталитичке производње водоника. Процес допирања азота у структуру титаната вршен је јонском изменом натријумових јона са амонијум јонима, уместо стандардног протокола измене натријумових јона са водоничним јонима. Термичка разградња уграђених амонијумових јона током калцинације или редукције, довела је до уграђивања азота у структуру катализатора.

Резултати фотокаталитичких тестова указују да је допирање титанатних нанокатализатора азотом применом јонске измене са амонијум јонима довело до 10 пута веће фотоактивности, што је резултат побољшаних текстуалних својстава катализатора, формирања анатас кристалне фазе и смањеног садржаја натријума. Утврђен је оптималан садржај никла у никл-титанатним катализаторима који износи 1 мас. %, при чему су показали највећу активност, док је повећање садржаја никла (нарочито на 5 мас. %) резултирало смањењем активности. Катализатори редуковани на 500 °C показали су највећу активност због високог степена кристаличности анатас фазе, док су катализатори редуковани на 400 °C и 450 °C показали мању фотоактивност због нижег степена кристаличности, који није могао бити компензован позитивним ефектом веће специфичне површине. Тестови стабилности указују да оптималан однос Ni/NiO спречава фотокорозију или фоторедукцију, док елиминација UV светлости високе енергије резултира у стабилној брзини производње водоника.

XPS анализа платина-титанатних композитних нанокатализатора допираних угљеником показала је да се укупан број кисеоничних ваканција (површинских дефеката) повећава озрачивањем симулираном соларном светлошћу у поређењу са озрачивањем видљивом светлошћу. Очување кисеоничних ваканција након озрачивања соларном светлошћу доприноси бољој активности и стабилности катализатора, док се озрачивањем видљивом светлошћу дефекти на површини засићују и активност се смањује. Деактивација катализатора током озрачивања симулираном соларном светлошћу приписује се формирању интермедијера који блокирају активна места на површини катализатора. Озрачивање симулираном соларном светлошћу доводи до формирања веће количине и типа интермедијера који могу даље ограничити активност производње H₂ без обзира на коришћени тип озрачивања.

Резултати TPD анализе су показали да се разлагањем етанола формира већи број производа (у реакцијама дехидрогеновања, дехидратације, и декарбонилације) у поређењу са метанолом, што доводи до блокирања активних места и смањења активности. Код разлагања метанола производи реакције се десорбују на нижим температурама, чиме се активна места брже ослобађају за следећи корак реакције. Испитивање утицаја дужине угљоводоничног ланца је потврдило да се са повећањем дужине ланца (метанол, етанол, 1-пропанол, 1-бутанол) смањује брзина производње водоника, што се може повезати са лакоћом стварања алкоксидног радикала који учествује у оксидационим реакцијама. Такође, утврђено је да разгранатост угљоводоничног ланца алкохола утиче на активност катализатора: секундарни алкохол 2-бутанол показује већу активност у поређењу са примарним и терцијарним изомерима, док је терцијарни бутанол показао најмању активност, пошто механизам оксидације путем α-N није изводљив.

Резултати ове дисертације пружају иновативан метод за проучавање деактивације фотокатализатора и уводе нови приступ у истраживању механизма преноса наелектрисања током фотокаталитичке производње водоника, што је кључно за развој ефикаснијих фотокаталитичких система.

В. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Фотокаталитичка производња водоника путем разлагања воде представља једну од најперспективнијих технологија за добијање обновљивог и еколошки прихватљивог извора енергије [1, 2]. Значајна пажња усмерена је на развој модификованих фотокатализатора, при чему се посебно истичу титанатни наноматеријали због своје стабилности, прилагодљивих оптичких својстава и високе фотоактивности [3]. Фотореформинг представља иновативан процес који користи сунчеву светлост и фотокатализаторе за конверзију органских супстанци, попут алкохола, у водоник, истовремено омогућавајући деградацију органских супстанци до CO_2 и доприносећи производњи „зелене“ енергије [4].

1Д титанатни нанокатализатори показују повећану ефикасност у процесу производње водоника услед смањења рекомбинације електрона и шупљина, и побољшаног транспорта носиоца наелектрисања [5]. Допирање титанатних катализатора прелазним металима, као што је никл, у комбинацији са неметалима, као што је азот, додатно унапређује фотоактивност катализатора у видљивој области соларног спектра, омогућавајући њихову ефикаснију примену у искоришћењу соларне енергије [6].

Модификацијом катализатора термичким третманом и оптимизацијом површинских и кристалних својстава постиже се дизајн материјала са побољшаним каталитичким својствима [7]. Применом хидротермалне синтезе, и оптимизацијом параметара попут температуре и времена термичког третмана као и јонске измене може се утицати на величину кристалита, морфологију и концентрацију активних центара на површини катализатора [8].

Резултати добијени у овој дисертацији показали су да никл-титанатни катализатори допирани азотом и платина-титанатни катализатори допирани азотом имају значајно побољшану активност у фотокаталитичком разлагању воде у поређењу са недопираним катализаторима. Разлог за то лежи у присуству стабилне и високо фотоактивне анатас фазе, побољшаној кристаличности, као и смањеној рекомбинацији носиоца наелектрисања и побољшаном транспорту носиоца наелектрисања [9, 10].

Ова истраживања доприносе развоју ефикасних и економичних фотокатализатора који могу играти кључну улогу у одрживом развоју технологије производње водоника. Упоредна анализа са литературом потврђује да примена допираних титанатних наноматеријала представља добар правац у унапређењу фотокаталитичке производње водоника, чиме се отварају нове могућности за примену ових материјала у индустријским системима производње чисте енергије.

Главни циљ истраживања у оквиру ове докторске дисертације, у складу са Извештајем комисије за оцену научне заснованости теме, био је синтеза и карактеризација катализатора који се користе у процесу добијања водоника фотокаталитичким разлагањем воде. Оригинални допринос кандидата огледа се у коришћењу оптимизоване методе синтезе као и процеса допирања, у сврху синтезе хетерогених катализатора који омогућава ефикасну производњу водоника фотокаталитичким разлагањем воде, као и испитивања деактивације катализатора на начин који до сада није описан у литератури.

Литература:

- [1] M.J. Molaei, Recent advances in hydrogen production through photocatalytic water splitting: A review, *Fuel* 365 (2024) 131159. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2024.131159>.
- [2] Z. Wang, C. Li, K. Domen, Recent developments in heterogeneous photocatalysts for solar-driven overall water splitting, *Chem. Soc. Rev.* 48 (2019) 2109–2125. <https://doi.org/10.1039/c8cs00542g>.
- [3] Y. Zhang, Z. Jiang, J. Huang, L.Y. Lim, W. Li, J. Deng, D. Gong, Y. Tang, Y. Lai, Z. Chen, Titanate and titania nanostructured materials for environmental and energy applications: A review, *RSC Adv.* 5 (2015) 79479–79510. <https://doi.org/10.1039/c5ra11298b>.
- [4] R. Liu, H. Yin, P. Guo, X. Liu, Z. Yin, Photoreforming Light Alcohols for Value-Added Resources: A Mini Review, *Energy Technol.* 2301708 (2024) 1–14. <https://doi.org/10.1002/ente.202301708>
- [5] M. Abdullah, S.K. Kamarudin, Titanium dioxide nanotubes (TNT) in energy and environmental applications: An overview, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 76 (2017) 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.057>.
- [6] W.T. Chen, A. Chan, D. Sun-Waterhouse, T. Moriga, H. Idriss, G.I.N. Waterhouse, Ni/TiO₂: A promising low-cost photocatalytic system for solar H₂ production from ethanol-water mixtures, *J. Catal.* 326 (2015) 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2015.03.008>.
- [7] W.T. Chen, A.G. Dosado, A. Chan, D. Sun-Waterhouse, G.I.N. Waterhouse, Highly reactive anatase nanorod photocatalysts synthesized by calcination of hydrogen titanate nanotubes: Effect of calcination conditions on photocatalytic performance for aqueous dye degradation and H₂ production in alcohol-water mixtures, *Appl. Catal. A Gen.* 565 (2018) 98–118. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2018.08.004>.
- [8] C.C. Hu, T.C. Hsu, S.Y. Lu, Effect of nitrogen doping on the microstructure and visible light photocatalysis of titanate nanotubes by a facile cohydrothermal synthesis via urea treatment, *Appl. Surf. Sci.* 280 (2013) 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.04.120>.
- [9] L.K. Preethi, R.P. Antony, T. Mathews, S.C.J. Loo, L.H. Wong, S. Dash, A.K. Tyagi, Nitrogen doped anatase-rutile heterostructured nanotubes for enhanced photocatalytic hydrogen production: Promising structure for sustainable fuel production, *Int. J. Hydrogen Energy* 41 (2016) 5865–5877. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.02.125>.
- [10] Z.H.N. Al-Azri, W.T. Chen, A. Chan, V. Jovic, T. Ina, H. Idriss, G.I.N. Waterhouse, The roles of metal co-catalysts and reaction media in photocatalytic hydrogen production: Performance evaluation of M/TiO₂ photocatalysts (M = Pd, Pt, Au) in different alcohol-water mixtures, *J. Catal.* 329 (2015) 355–367. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2015.06.005>.

Г. Научни радови објављени у међународним часописима и саопштења са скупова који су део докторске дисертације

Резултати истраживања докторске дисертације објављени су у оквиру два научна рада у часописима са SCI листе на којима је кандидат први аутор. Оба рада су објављена у часопису категорије M21. Такође, резултати су презентовани на седам међународних скупова (од којих су два категорије M33 и пет категорије M34) и на једном националном скупу (категорије M64).

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **Н. Šalipur**, D. Lončarević, J. Dostanić, B. Likozar, A. Prašnikar, D. Manojlović, „*Nickel-loaded nitrogen-doped titanate nanostructured catalysts for solar-light driven hydrogen evolution and environmental remediation*”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (2022), 12937–12952. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.02.054>.

2. **H. Šalipur**, D. Manojlović, K. Milošević, M. Fronczak, A.G. Silva, D. Lončarević, J. Dostanić, „Unraveling the solar and visible light-induced deactivation mechanism of Pt-decorated carbon/TiO₂ nanocomposite in photocatalytic hydrogen production“, Journal of Environmental Chemical Engineering, 12 (2024) 112862. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112862>.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини (M33)

1. **H. Šalipur**, J. Dostanić, D. Lončarević, „Photocatalytic production of hydrogen on platinum doped titanate catalyst: influence of alcohol chain length“, Physical Chemistry 2022, 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume I: ISBN 978-86-82475-42-2, pages 157-160.
2. **H. Šalipur**, K.M. Kamal, A. Prašnikar, M. Huš, M. Fronczak, J. Dostanić, D. Lončarević, „Influence of alcohols as sacrificial agents in photocatalytic hydrogen production over Pt-N/TiO₂“, Physical Chemistry 2024, 17th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 23–27 September 2024, Belgrade, Serbia.

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

1. Dostanić, **H. Šalipur**, D. Lončarević, D. Paneva, Z. Cherkezova Zheleva, „Enhancement of Photocatalytic Hydrogen Production of Ni Modified Titania/TiO₂ Nanostructures by Tuning Structural and Morphological Properties” 21st International Workshop on Nanoscience & Nanotechnology, November 21-22nd, 2019, Institute of Physical Chemistry, Bulgarian Academy of Science. Abstract book page 17.
2. **H. Šalipur**, J. Dostanić, D. Lončarević, „Nickel doped titanate catalysts for photocatalytic hydrogen generation”, 18th Young Researchers’ Conference, Materials Science and Engineering, 4-6th December 2019, Belgrade, Serbia. Abstract book page 38, ISBN 978-86-80321-35-6.
3. **H. Šalipur**, M. Huš, A. Prašnikar, J. Dostanić, D. Lončarević, „Influence of Butanol Isomers on Photocatalytic Hydrogen Production over Pt doped titanate catalyst“, Book of abstracts of 15th European Congress on Catalysis, EUROPACAT2023, 27th August - 1st September, 2023. page 1067, Book of abstracts.
4. J. Dostanić, **H. Šalipur**, M. Fronczak, D. Lončarević, „Deactivation study of Pt doped TiO₂ decorated C₃N₄ nanomaterials in H₂ production by solar and visible light driven photocatalytic water splitting“, 8th International Conference on Semiconductor Photochemistry (SP 8), Strasbourg, France, September 11 – 15, 2023, page P60, Book of abstracts.
5. **H. Šalipur**, J. Dostanić, D. Lončarević, „Enhanced Hydrogen Production via Water Splitting Using Doped TiO₂ Photocatalysts“, 1st Workshop on Photocatalysis in environmental science and energy utilization, Belgrade, Serbia, September 26, 2024, Book of Abstracts, p.4 (ISBN 978-86-81405-29-1).

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

1. **H. Šalipur**, J. Dostanić, D. Lončarević, „Nickel modified titanate semiconductors for photocatalytic hydrogen production”, 7th Conference of the Young Chemist of Serbia, 2nd November 2019, Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Belgrade, Serbia. Abstract book page 135, ISBN 978-86-7132-076-4.

Остали научни радови:

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **Н. Šalipur**, M. Fronczak, A. Prašnikar, K.M. Kamal, T. Mudrinić, M. Hadnadev-Kostić, B. Likozar, J. Dostanić, D. Lončarević, „*Metal doped TiO₂ decorated carbon nanostructured materials as an emerging photocatalysts for solar fuels production*“, Catalysis Today, Volume 436, 2024, 114724, ISSN 0920-5861, <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2024.114724>.
2. M. Dukić, D. Sredojević, M. Férová, V. Slovak, D. Lončarević, J. Dostanić, **Н. Šalipur**, V. Lazić, J. M. Nedeljković, „*Interfacial charge transfer complexes between ZnO and benzene derivatives: Characterization and photocatalytic hydrogen production*“, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 62, 2024, Pages 628-636, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.03.075>.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини (M33)

1. **Н. Šalipur**, D. Lončarević, J. Dostanić, „*Hydrogen production from glycerol photo-reforming over Pt/N-doped titanate photocatalysts*“, Physical Chemistry 2021, 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 20–24 September 2021, Belgrade. Proceedings Volume I, page 155, ISBN 978-86-82475-38-5.
2. G. Stevanović, N. Jović-Jovičić, A. Popović, B. Dojčinović, B. Milovanović, **Н. Šalipur**, M. Ajduković, „*Kinetic and thermodynamic study of the oxidative catalytic degradation of tartrazine in the presence of oxone® and cobalt supported chitosan-derived carbon-montmorillonite*“, Physical Chemistry 2022, 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume I: ISBN 978-86-82475-42-2, pages 137-140.

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

1. J. Dostanić, **Н. Šalipur**, A. Prašnikar, K. M. Kamal, D. Lončarević, „*Metal doped TiO₂ decorated carbon nanostructured materials as an emerging photocatalysts for solar fuels production*“, 8th International Conference on Semiconductor Photochemistry (SP 8), Strasbourg, France, September 11 – 15, 2023, page P61, Book of abstracts.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност ове докторске дисертације је проверена на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018). Помоћу програма iThenticate, утврђено је да количина подударарања текста износи 6%. Подударности су последица општих места, дефиниција и описа коришћених експерименталних метода, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9. овог Правилника. На основу свега изложеног Комисија сматра да је докторска дисертација Христине В. Шалипур оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Б. Закључак

На основу увида у целокупну садржину поднете дисертације под насловом „Добијање водоника фотокаталитичким разлагањем воде коришћењем допираних титанатних нанокатализатора“ и на основу свега што је до сад наведено у Извештају за преглед и оцену докторске дисертације, Комисија сматра да је кандидат, мастер хемичар Христина В. Шалипур, успешно одговорила на све постављене задатке који се тичу синтезе допираних титанатних нанокатализатора као и испитивања њихове примене у добијању водоника фотокаталитичким разлагањем воде. Комисија сматра да опсежна испитивања и резултати објављени у оквиру ове докторске дисертације представљају значајан и оригиналан научни допринос развоју и унапређењу титанатних катализатора који се примењују у реакцијама фотокаталитичког добијања водоника.

У овој докторској дисертацији је, а потписници сматрају то вредним помена, по први пут коришћен иновативан метод за истраживање деактивације фотокатализатора и механизма преноса наелектрисања током фотокаталитичке производње водоника. Такође је потребно поменути да је допирањем азотом помоћу термичке разградње уграђених амонијумових јона у структури титаната омогућена фазна трансформација у анатас на нижим температурама, уз истовремено очување текстуралних и морфолошких својстава катализатора.

Резултати истраживања ове докторске дисертације објављени су у оквиру два научна рада у часописима са SCI листе на којима је кандидат први аутор. Оба рада су објављена у врхунским међународним часописима категорије М21. Такође, резултати су презентовани на седам међународних скупова (од којих су два категорије М33 и пет категорије М34) и на једном националном скупу (категорије М64). Комисија сматра да резултати ове докторске дисертације представљају значајан научни допринос у области аналитичке хемије, хемије материјала и катализе и да се у потпуности уклапају у савремене трендове ових научних дисциплина.

На основу свега изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију Христине В. Шалипур, под насловом: „Добијање водоника фотокаталитичким разлагањем воде коришћењем допираних титанатних нанокатализатора“, прихвати и одобри њену одбрану.

У Београду, _____

Комисија:

др Далибор Станковић, доцент
Хемијски факултет, Универзитет у Београду

др Горан Роглић, редовни професор
Хемијски факултет, Универзитет у Београду

др Јасмина Достанић, научни саветник
Институт за хемију, технологију и металургију-
Институт од националног значаја за Републику Србију,
Универзитет у Београду