

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ	
1.	<p>Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>Наставно-научно веће Технолошког факултета у Новом Саду је на својој 42. редовној седници одржаној 09.05.2014. године именовало Комисију за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата дипл. инж. Сање Панић.</p>
2.	<p>Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - др Љубица Николић, редовни професор у пензији (научна област: Инжењерство материјала), председник, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад - др Петар Ускоковић, редовни професор (научна област: Инжењерство материјала), члан, Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, Београд - др Жељко Чупић, научни саветник (научна област: Физичка хемија), члан, Институт за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду, Београд - др Валерија Гужвањ, ванредни професор (научна област: Аналитичка хемија), члан, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад - др Горан Бошковић, редовни професор (научна област: Примењена хемија и Хемијско инжењерство), ментор, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Сања, Небојша, Панић
2.	Датум рођења, општина, држава: 05.06.1979., Сомбор, Република Србија
3.	<p>Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду, смер фармацеутско инжењерство, дипломирани инжењер технологије</p>
4.	<p>Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>2008., студијски програм хемијско-технолошке науке, смер примењена хемија</p>
5.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Физичко-хемијске и каталитичке особине угљеничних наноцеви синтетисаних методом каталитичке хемијске депозиције из гасне фазе – корелација са особинама примењених катализатора на бази прелазних метала (Fe, Co, Ni)

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Сање Панић је написана на 240 страница и садржи: 5 поглавља, 28 табела, 46 једначина, 137 слика, 221 литературни навод из теоријског дела, 18 из експерименталног и 201 литературни навод из резултата.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У *уводном делу* ове докторске дисертације, уз кратак историјат проналаска угљеничних наноцеви (УНЦ), укратко су описане методе добијања и пречишћавања ових материјала. Такође, обрађене су особине УНЦ које ове материјале чине јединственим и широко примењиваним у разним областима науке и технике. Дефинисан је предмет истраживања у оквиру Дисертације, који је обухватио испитивање услова синтезе и физичко-хемијских особина добијених УНЦ, као и испитивање могућности њихове примене као адсорбента, али и као носача катализатора у процесима везаним за уклањање различитих полутаната из воде. Надаље, предмет истраживања је обухватио и корелисање физичко-хемијских, али и каталитичких особина синтетисаних УНЦ, са особинама катализатора на бази прелазних метала (Fe, Co, Ni) који су у синтези примењени.

Теоријски део ове докторске дисертације даје опсежан и систематичан преглед свих области проучавања угљеничних наноцеви, почевши од њихове историје настанка, структуре, начина синтезе и пречишћавања, па до потенцијалне примене у различитим областима науке и технике. Детаљно су размотрене све до данас познате методе синтезе наноцеви, са посебним освртом на методу каталитичке хемијске депозиције из гасне фазе која је и коришћена у овом истраживању. Истакнуте су предности примене ове методе у односу на остале са аспекта оствареног приноса наноцеви, реакционих параметара и чистоће добијеног производа. Такође, наглашена је и могућност вођења процеса у правцу добијања наноцеви тачно одређеног пречника који је дефинисан величином металних каталитичких наночестица (тзв. *реплика ефекат*). С обзиром да је за поменути контролу раста цеви од изузетног значаја механизам по којем се раст одвија, дат је детаљан преглед предложених механизма и модела раста, као и принципи на којима се они заснивају. Новија истраживања везана за механизам раста цеви обухватају молекуларно-динамичке симулације које су у оквиру теоријског дела дисертације приказане у циљу бољег разумевања раста цеви на атомском нивоу, као и корелације са експерименталним резултатима добијеним од стране бројних аутора. У оквиру области пречишћавања угљеничних наноцеви дат је приказ постојећих метода, са нагласком на хемијску методу течне оксидације. Описане су предности и недостаци ове методе и истакнут значај избора параметара током пречишћавања у зависности од даље примене наноцеви. Сходно томе, сам поступак пречишћавања има за циљ, не само добијање чистог производа, већ и потенцијално модификованог и структурно прилагођеног даљој употреби. На крају теоријског дела дисертације приказане су могућности примене угљеничних наноцеви у различитим областима, при чему су детаљније описани процеси у којима се наноцеви користе као адсорбенти за уклањање органских полутаната из воде, као и носачи катализатора.

У *експерименталном делу* ове докторске дисертације приказани су поступци синтезе различитих катализатора, као и угљеничних наноцеви добијених у њиховом присуству методом хемијске депозиције из CO, CH₄ и C₂H₄ као извора угљеника. Ово поглавље прати ток развоја каталитичке методе синтезе наноцеви, почевши од примене I серије монометалних катализатора и CO и CH₄ као извора угљеника, на апаратури са вертикалним цевним реактором, па све до оптимизације свих процесних параметара. Модификације састава и врсте катализатора, као и реакционих параметара, детаљно су приказане, при чему су јасно објашњени и разлози за сваку наредну модификацију сваког од параметара. Паралелно овоме дат је и развој коришћене апаратуре. Такође, описана је метода за пречишћавање и функционализацију наноцеви синтетисаних при претходно дефинисаним оптималним параметрима, као и поступак њихове примене у процесима адсорпције тиаметоксама из воде и каталитичке денитрације воде. Оптимизована метода синтезе и пречишћавања угљеничних наноцеви резултат је дугогодишњег рада кандидата у Лабораторији за физичку хемију и катализу Технолошког факултета у Новом Саду, а приказ развоја целе методе указује на систематичан и самосталан истраживачки рад кандидата.

У поглављу које описује *резултате* ове докторске дисертације детаљно је приказана физичко-хемијска карактеризација угљеничних наноцеви синтетисаних методом хемијске депозиције из три различита извора угљеника и у присуству три одабране серије катализатора. Прелиминарни експерименти синтезе изведени су у вертикалном кварцном цевном реактору у струји CO и CH₄ и у присуству I серије монометалних катализатора са Al₂O₃ као носачем. С обзиром да је активност ових катализатора при датим параметрима процеса била релативно мала, на основу физичко-хемијске карактеризације производа синтезе, дато је детаљно објашњење разлога каталитичке неактивности, односно процеса који су је могли проузроковати. У циљу постизања бољег приноса наноцеви, у наредним експериментима синтезе примењена је II серија монометалних

катализатора, претходно коришћени извори угљеника су замењени са C_2H_4 , а вертикални кварцни реактор хоризонталним. Формиране наноцеви су потом карактерисане, а њихове физичко-хемијске особине корелисане са врстом активне фазе, величином њених честица и особинама носача примењеног катализатора. Узорак катализатора са највећим приносом УНЦ одабран је као репрезентативан за оптимизацију реакционих параметара (утицај времена трајања синтезе УНЦ и запреминског удела C_2H_4 у смеси са азотом на принос), као и за испитивање утицаја одабране методе пречишћавања на карактеристике добијених наноцеви. Опсежно испитивање утицаја носача катализатора (Al_2O_3 и SiO_2) на морфолошке, структурне и термичке особине УНЦ извршено је на узорцима наноцеви који су синтетисани у присуству биметалних катализатора са Fe и Co као активном фазом. Карактеристике формираних УНЦ корелисане су са особинама примењених катализатора са аспекта дисперзности честица активне фазе, односно јачине њихове интеракције са носачем. Сходно овоме, предложен је и одговарајући механизам раста наноцеви. Испитивање квалитета синтетисаних наноцеви у функцији носача катализатора јасно је приказано резултатима термичке карактеризације и Раман спекроскопије који су показали да примена SiO_2 као носача фаворизује раст цеви бољег површинског и укупног квалитета. С обзиром да потенцијална примена УНЦ подразумева употребу релативно чистих цеви, одабрана метода пречишћавања је била успешна са аспекта уклањања присутног катализатора, али је с друге стране допринела промени морфолошких, структурних и термичких особина испитиваних наноцеви, што подразумева и различит степен њихове функционализације. Ово је потврђено и резултатима испитивања кинетике термичке декомпозиције, како непречишћених, тако и одговарајућих пречишћених узорака УНЦ. Могућности примене УНЦ тестиране су у два процеса од значаја за област заштите животне средине. Резултати истраживања адсорпционих карактеристика УНЦ су систематски приказани, почевши од одабира реакционих параметара применом фракционог факторског дизајна на два нивоа, преко испитивања кинетике адсорпције и адсорпционих изотерми, до термодинамичких прорачуна који указују на спонтан карактер и егзотермну природу процеса адсорпције инсектицида тиаметоксама из воде. Узимајући у обзир добијене резултате, као и структуру и хемијске особине тиаметоксама претпостављен је и механизам његовог везивања за УНЦ. Резултати каталитичке примене УНЦ приказани у последњем поглављу ове докторске дисертације сведоче да је хетерогена катализа поље од двоструког интереса када је у питању ова врста наноматеријала. Наиме, наноцеви које су претходно синтетисане каталитичким поступком, након пречишћавања и уклањања примарног катализатора, употребљене су као носач новог катализатора чије су перформансе тестиране у реакцији денитрације воде. Применом новоформираног катализатора концентрација нитрата у води сведена је на задовољавајући ниво. С друге стране, селективност овог катализатора је неопходно унапредити применом УНЦ тачно дефинисаних структурних карактеристика, што отвара простор за даља истраживања у овој области.

У закључку ове докторске дисертације концизно су наведене све констатације везане за карактеристике синтетисаних угљеничних наноцеви у функцији примењених катализатора и реакционих параметара, као и њихове адсорпционе и каталитичке особине.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ИСИ листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

M13 **Монографска студија/поглавље у књизи M11 или рад у тематском зборнику међународног значаја**

1. G. Boskovic, E. Kiss, A. Zarubica, **S. Ratkovic**: "Methane Utilization in the scope of Sustainable Development – a Catalytic point of view" in A. Edelstein, D.Bar (Editors): *Handbook of Environmental Research*, Nova Science Publishers, Inc., 225-258, ISBN: 978-1-60741-492-6, New York 2010.

M21 Рад у врхунском међународном часопису

1. **S. Ratkovic**, Dj. Vujicic, E. Kiss, G. Boskovic, O. Geszti, "Different degree of weak metal-support interaction in Fe-(Ni)/Al₂O₃ catalyst governing activity and selectivity in carbon nanotubes production using ethylene", Mat. Chem. Phys. 129 (2011) 398.

M22 Рад у истакнутом међународном часопису

1. G. Boskovic, **S. Ratkovic**, E. Kiss, O. Getzi, "Carbon nanotubes purification constrains due to large Fe-Ni/Al₂O₃ catalyst particles encapsulation", Bul. Mat. Sci. 36 (2013) 1.

M23 Рад у међународном часопису

1. **S. Ratković**, E. Kiss, G. Bošković, "Synthesis of high-purity carbon nanotubes over alumina and silica supported bimetallic catalysts", Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly 15 (2009) 263.
2. **S. Ratkovic**, N. Peica, C. Thomsen, D. B. Bukur, G. Boskovic, "Thermal stability evolution of carbon nanotubes caused by liquid oxidation", J. Therm. Anal. Calorim. 115 (2014) 1477.

M33 Радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини

1. **S. Ratkovic**, E. Kiss, G. Boskovic, Textural properties of carbon-nanotubes upon purification by means of liquid oxidation, III International congress: Engineering, Environment and Materials in Processing Industry, Jahorina 2013, Book of Abstracts M-11-E, p.327.

M34 Радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у изводу

1. G. Boskovic, **S. Ratkovic**, M. Kovacevic, P. Putanov, "Favorable Pd-SnO₂ entities for water denitration reaction", 20th Congress of the Society of Chemists and Technologies of Macedonia, Ohrid 2008, CHE-19-E.
2. **S. Ratković**, E. Kiss, G. Bošković, "Synthesis of high-purity carbon nanotubes over alumina and silica supported bimetallic catalysts", Book of abstracts 8th Symposium "Novel technologies and economic development", CHE-20, Leskovac, October, 23-24, 2009.
3. **S. Ratkovic**, E. Kiss, G. Boskovic, O. Geszti, "Beneficial textural properties of C-nanotubes in the course of their purification", 11th International Symposium Interdisciplinary Regional Research, Hungary-Romania-Serbia, SC-26, Szeged, October, 13-15, 2010.
4. **S. Ratkovic**, E. Kiss, G. Boskovic, O. Geszti, N. Peica, C. Thomsen, "C-nanotubes quality as a function of Fe/Co-based catalyst supports", EuroCat X, Book of Abstract PTh 197, Glasgow 2011.
5. V. Guzsány, P. Jovanov, **S. Ratković**, Si. Popov, Sa. Popov, D. Orčić, G. Bošković, "Applicability of MWCNTs and iron modified MWCNTs for removal of selected neonicotinoid insecticides in aqueous solution under natural insolation", Book of abstracts 5th Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience, P004, p. 94, October, 24-27, 2012, Szeged, Hungary.
6. **S. Ratković**, V. Guzsány, G. Bošković, "Optimization of adsorption conditions of thiamethoxam on CNTs by statistical design of experiments (DoE)", Book of abstracts 5th Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience, P059, p. 148, October, 24-27, 2012, Szeged, Hungary.

M52 Радови у часопису националног значаја

1. G. Bošković, M. Kovačević, **S. Ratković**, E. Kiss, J. Radnik, "Metal-support interaction - the key factor governing activity of Pd/SnO₂ catalyst for denitration of ground water", Acta Period. Technol. 39 (2008) 93.

M64 Радови саопштени на скупу националног значаја, штампани у изводу

1. **S. Ratkovic**, G. Boskovic, E. Kiss, O. Geszti, J. Labar, "Multi-walled carbon-nanotubes produced by CCVD method over Fe-Ni/Al₂O₃ catalyst", XLVIII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, HI 03,

Novi Sad, 17-18. April 2010.

2. **S. Ratkovic**, G. Boskovic, E. Kiss, O. Geszti, "Priprema ugljeničnih nanotuba poboljšane mezoporozne strukture", XLIX Savetovanje Srpskog hemijskog društva, NM02-P, p. 39, Kragujevac, 2011.
3. **S. Ratkovic**, G. Boskovic, E. Kiss, "Thermal stability characteristics of carbon nanotubes in terms of their purification", XL Jubilarno Savetovanje Srpskog hemijskog društva, MAT P13, p. 67, Beograd, 14-15. jun 2012.
4. **S. Panic**, G. Boskovic, Z. Kónya, A. Kukovecz, "Carbon nanotubes as Pd-Cu-based catalyst support for water denitration", 51. Savetovanje Srpskog hemijskog društva, HŽS P 02, p. 54, Niš, 5-7. jun 2014.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

- Прелиминарни експерименти синтезе УНЦ су изведени у вертикалном цевном кварцном реактору у струји СО и СН₄ у присуству I серије монометалних катализатора са Al₂O₃ као носачем. Укупна маса узорака након синтезе указује на веома мали принос УНЦ, при чему су катализатори на бази Со и Ni показали релативно малу активност, док је катализатор на бази Fe био потпуно неактиван.
- На основу резултата физичко-хемијске карактеризације синтетисаних узорака наноцеви у струји СО може се закључити да се разлика у морфологији УНЦ синтетисаних на 13Co-A и 13Ni-A катализаторима односи на њихов степен увијености, при чему су наноцеви синтетисане на овом првом знатно замршеније, што указује на присуство већег броја дефеката структуре који су одговорни за савијање и увијање цеви.
- Катализатори на бази Fe и Со су, у присуству СН₄ као извора угљеника, били потпуно неактивни у реакцији синтезе УНЦ. За разлику од њих, комерцијални 13Ni-A катализатор је показао малу активност о чему сведочи ретко присуство наноцеви на површини катализатора уочљиво применом ТЕМ методе. Неактивност, или изузетно мала активност примењених катализатора у реакцији синтезе УНЦ у присуству СН₄ може се, пре свега, приписати неадекватним реакционим параметрима, односно недовољно високој температури за декомпозицију метана.
- Ниска ефикасност I серије монометалних катализатора у реакцији синтезе УНЦ при датим експерименталним условима је последица и неодговарајућег облика катализатора, а такође и неодговарајућег дизајна реактора за реакцију формирања наноцеви. Ово се односи, како на величину каталитичких честица, тако и на положај слоја катализатора у вертикалном реактору који диктира режим протока гасовитог извора угљеника. Наиме, у случају каталитичких честица које су паковане у вертикалном слоју, за раст УНЦ потребна је одговарајућа слободна запремина дефинисана односом ефективног пречника зрна и пречником реактора. У датим условима овај захтев није обезбеђен, тако да је већи део метала, потенцијално активног за настанак УНЦ, остао деактивиран (енкапсулиран) графенским слојевима.
- У циљу постизања бољег приноса наноцеви, даљи експерименти синтезе су изведени у хоризонталном цевном кварцном реактору у струји С₂Н₄ и у присуству II серије монометалних катализатора са Al₂O₃ и SiO₂ као носачима. Катализатори са Al₂O₃ као носачем су показали задовољавајућу активност у реакцији синтезе УНЦ, при чему је највећи принос угљеника остварен у присуству катализатора на бази Ni, а најмањи на катализатору на бази Fe. У случају катализатора који су синтетисани на SiO₂ као носачу, ситуација је била обрнута, са највећим приносом на активној фази на бази Fe (5Fe-S катализатор).
- Примена различитих врста носача монометалних катализатора II серије у многеме утиче на морфологију синтетисаних наноцеви. SiO₂ као носач фаворизује раст УНЦ које се карактеришу мањим степеном увијености у односу на УНЦ пореклом из катализатора са Al₂O₃.
- У циљу оптимизације реакционих услова, испитани су утицаји времена трајања синтезе УНЦ, као и запреминског удела С₂Н₄ у смеси са азотом уз примену 5Fe-S катализатора. Приказани резултати оптимизације су показали да се одабиром запреминског удела С₂Н₄ у смеси са азотом од 50% и временом трајања синтезе од 1h остварује добар принос УНЦ без већих количина неселективних облика угљеника.
- Одговарајући базни и кисели третман синтетисаних УНЦ се показао као ефикасна метода за уклањање присутног аморфног угљеника. С друге стране, укупно смањење масе пречишћеног узорка од 73% (пореклом са 5Fe-S катализатора) указује да катализатор није у потпуности уклоњен, али је његова количина ипак битно смањена.
- Сви биметални катализатори са Al₂O₃ као носачем су показали већу активност у реакцији синтезе УНЦ у односу на оне са SiO₂. Највећи принос угљеника остварен је у присуству 5Fe-Co-A катализатора (263,6%), док је 5Co-Ni-S катализатор био најмање активан. Установљен је следећи редослед активности катализатора у односу на биметалну активну фазу: Fe-Co > Fe-Ni > Co-Ni, без обзира на врсту примењеног носача.

- Примена различитог носача одабраних најбољих биметалних катализатора у мноме утиче на структуру, морфологију и квалитет синтетисаних наноцеви. Разлика у оствареном приносу угљеника, као и различита расподела пречника синтетисаних УНЦ на појединачним катализаторима, последица је различите дисперзности њихове активне фазе. Наиме, услед различитих интензитета интеракције металне фазе са Al_2O_3 , односно SiO_2 , формиране металне честице су различите величине, па се самим тим на њима, сходно *реплика ефекту*, и формирају наноцеви различитог пречника. Мањи степен интеракције на катализатору са Al_2O_3 као носачем условљава вршни механизам раста цеви, када је раст наноцеви праћен издицањем честице катализатора на њеном врху. Резултати испитивања квалитета синтетисаних УНЦ такође указују на присутну зависност од примењеног носача катализатора, при чему SiO_2 , за разлику од Al_2O_3 , фаворизује раст УНЦ бољег површинског и укупног квалитета.
- Примењена метода пречишћавања УНЦ се показала као врло ефикасна са аспекта уклањања присутног катализатора, али је с друге стране имала различит утицај на структуру, односно квалитет пречишћених узорка. Резултати термичких испитивања и испитивања Рамановом спектроскопијом указују да се након оксидативног третмана укупни квалитет узорка 5Fe-Co-A-UNC побољшава, док се квалитет узорка 5Fe-Co-S-UNC смањује. Ово је последица оштећења спољашњих зидова цеви, али и различитог степена функционализације УНЦ у функцији различитог носача катализатора.
- На основу добијених резултата испитивања кинетике термичке декомпозиције може се закључити да су се математичке методе засноване на фитовању за одређивање кинетичких параметара могле успешно применити само на непречишћене узорке УНЦ. Кинетика термичке декомпозиције пречишћених узорка УНЦ представља сложен процес, с обзиром да су цеви током процеса пречишћавања промениле своје структурне и морфолошке карактеристике. Стога је убудуће за одређивање кинетичких параметара ових узорка неопходно применити методе без претпостављеног модела, које су базиране на више различитих брзина загревања.
- Применом фракционог факторског дизајна на два нивоа, 2^5_{IV} , утврђено је да УНЦ, претходно третиране у $cHNO_3$, представљају добар адсорбент за уклањање инсектицида тиаметоксама из воденог раствора. Одабрани дизајн се може успешно применити за одређивање фактора и интеракција од значаја, добијање модела за предвиђање резултата експеримента адсорпције, као и за оптимизацију процесних параметара. Установљен је следећи редослед параметара и њихових интеракција другог реда који највише утичу на адсорбовану количину тиаметоксама: почетна концентрација > почетна концентрација – рН > почетна концентрација – време контакта > време контакта > температура – рН > маса УНЦ – време контакта > маса УНЦ. Такође, применом добијеног модела извршен је одабир процесних параметара за проучавање кинетике адсорпције (почетна концентрација тиаметоксама у раствору = 150 mg/l, рН = 9, маса УНЦ = 50 mg i T = 25°C), одређивање адсорпционе равнотеже, као и термодинамичких параметара процеса. Резултати кинетичких испитивања указују да је најбоље фитовање експерименталних података постигнуто у оквиру модела псеудо-другог реда, као и да је процес адсорпције тиаметоксама контролисан углавном унутрашњом дифузијом молекула инсектицида, највероватније у мезопоре узорка УНЦ (простор између цеви), с обзиром на веома мали пречник канала УНЦ. Такође, у оквиру свих примењених модела за описивање адсорпционе изотерме постигнуто је задовољавајуће фитовање експерименталних података, при чему се процес адсорпције тиаметоксама на испитиваном узорку УНЦ може најбоље описати Langmuir-овим моделом. Узимајући у обзир добијене резултате, као и физичко-хемијске карактеристике адсорбента и адсорбата, претпостављен је механизам везивања молекула тиаметоксама за функционализоване УНЦ у којем доминирају ароматичне π - π интеракције (електрон донор-акцептор интеракције). Резултати термодинамичких испитивања указују да се адсорбована количина тиаметоксама са повећањем температуре незнатно смањује. Термодинамички прорачуни указују на егзотермну природу процеса, што с обзиром на очекивану негативну вредност промене ентропије током адсорпције, потврђује спонтаност процеса адсорпције тиаметоксама на УНЦ у датим условима.
- На основу резултата каталитичке примене УНЦ може се закључити да се наноцеви могу успешно применити као носачи катализатора на бази Pd и Cu, у реакцији денитрације воденог

модел система. Уклањањем функционалних група из структуре УНЦ постиже се задовољавајућа дисперзност на њима синтетисаног катализатора, са уделом биметалних Pd-Cu наночестица које омогућавају 60% конверзије нитратног јона, чиме се његова концентрација своди на прихватљив ниво. С друге стране, повећана количина амонијум јона која се ослобађа током процеса може бити последица присуства монометалних честица Pd у којима је највећи удео активних центара на ивицама и рогљевима, а које су одговорне за реакцију трансформације нитрита у амонијак. Стога је селективност катализатора неопходно унапредити, како одабиром УНЦ са одговарајућим уделом дефеката структуре, тако и избором одговарајућих услова претходног третмана катализатора који ће резултирати пожељном комбинацијом биметалних и монометалних честица, Pd-Cu и Pd, одговарајућих величина.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Докторска дисертација Сање Панић даје опсежан и систематичан преглед свих важних области проучавања угљеничних наноцеви који је настао као резултат обједињавања великог броја литературних података, почевши од године открића наноцеви, па до данашњих дана. На основу експерименталне поставке ове дисертације и приказаних резултата може се закључити да је ово истраживање резултат дугогодишњег систематичног и самосталног рада кандидата у Лабораторији за физичку хемију и катализу Технолошког факултета у Новом Саду. Део резултата такође потиче из самосталног рада кандидата на Департману за примењену хемију и хемију заштите животне средине Природно-математичког и информатичког факултета Универзитета у Сегедину, као и Научног института за техничку физику и материјале у Будимпешти. Дисертација прати ток развоја каталитичке методе синтезе угљеничних наноцеви са упоредном детаљном физичко-хемијском карактеризацијом свих синтетисаних узорака. Приказана дискусија резултата која је базирана, како на изведеним експериментима, тако и на литературним подацима, доприноси бољем разумевању везе између морфолошких, структурних и термичких особина УНЦ и карактеристика катализатора на којем оне расту. Такође, јасно је објашњен и утицај примењене методе пречишћавања на особине УНЦ, односно њихову потенцијалну модификацију. Ово је од изузетног значаја за даљу примену наноцеви, јер се сходно жељеној области примене, процес њихове синтезе и пречишћавања може контролисано водити са циљем добијања наноцеви тачно дефинисаних карактеристика.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Докторска дисертација је написана у складу са дефинисаним и описаним предметом истраживања уз поштовање циљева истраживања, као што је и наведено у пријави теме.
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
На основу приказаног садржаја, предмета и циљева истраживања, теоријског дела, резултата, изведених закључака и прегледа литературе, Комисија констатује да ова докторска дисертација представља заокружен самосталан истраживачки рад у области хетерогене катализе који је јасно конципиран, изложен и анализиран.
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
Ова докторска дисертација представља резултат систематског истраживања у области угљеничних наноцеви, као тренутно актуелне врсте наноматеријала. У оквиру дисертације приказан је детаљан ток развоја методе синтезе наноцеви каталитичким поступком, почевши од начина избора катализатора и реакционих параметара, па све до њихове оптимизације, као и оптимизације одговарајуће апаратуре за синтезу. Синтетисане наноцеви су карактерисане различитим физичко-хемијским методама, а потом њихове особине корелисане са особинама примењених катализатора. Такође, развијена је и метода пречишћавања и функционализације наноцеви и испитан њен утицај на особине пречишћених узорака у циљу њихове даље примене. Истраживање је заокружено применом пречишћених наноцеви у два процеса од значаја за област заштите животне средине – процесу адсорпције инсектицида тиаметоксама из воде и реакцији каталитичке денитрације воде. Резултати ове докторске дисертације потврђују да хетерогена катализа представља поље од двоструког интереса у области угљеничних наноцеви – ови наноматеријали се добијају каталитичким поступком, а такође се могу применити и као носачи новог катализатора. Резултати приказани у Тези публиковани су као научни радови у 4 (четири) међународна часописа и презентовани у оквиру 6 (шест) међународних конференција.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Докторска дисертација нема формалних ни суштинских недостатака.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације изведене на основу остварених циљева истраживања, примењене методологије, научног и стручног доприноса обављених истраживања, као и приказаних резултата који су објављени и у међународним часописима и на конференцијама, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Технолошког факултета и Сенату Универзитета у Новом Саду да прихвате докторску дисертацију дипл. инж. Сање Панић и кандидату одобре јавну одбрану.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Николић Љубица, председник комисије

Др Ускоковић Петар, члан

Др Чупић Жељко, члан

Др Гужвањ Валерија, члан

Др Бошковић Горан, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.