

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 23. 6. 2011. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije pod naslovom:

«Proučavanje procesa sinteze i svojstava višefaznih oksidnih prahova dobijenih hidrotermalnim procesiranjem»

koju je predložio kandidat magistar Zoran Stojanović, dipl.inž. tehnologije. Posle pregledanja prijave i obrazloženja teme, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću TMF-a izveštaj o naučnoj zasnovanosti teme doktorske disertacije.

IZVEŠTAJ

Podaci o kandidatu

A. Biografski podaci o kandidatu

Zoran Stojanović rođen je 2. marta 1978. godine u Vršcu gde je završio osnovnu školu i Gimnaziju. Diplomirao je juna 2004. godine na Tehnološko – metalurškom fakultetu u Beogradu na Katedri za hemijsko inženjerstvo sa temom «Dinamika adsorpcije/desorpcije vlage iz vazduha na pakovanom sloju zeolita», čime je stekao zvanje diplomirani inženjer tehnologije. Magistrirao je na istom fakultetu na Katedri za konstrukcije i specijalne materijale jula 2009. godine sa temom «Hidrotermalna sinteza nanostrukturnih oksidnih prahova i njihova karakterizacija», čime je stekao zvanje magistra tehničkih nauka.

Od 1. marta 2007. godine zaposlen je kao istraživač pripravnik u Institutu tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti. Izabran je u zvanje istraživača saradnika marta meseca 2010. godine.

Uža oblast interesovanja su mu sinteza nanočestica prostih i složenih oksida hidrotermalnim i solvotermalnim postupcima. Bavi se stabilizacijom i modifikacijom površine oksidnih nanočestica biokompatibilnim organskim jedinjenjima u procesu sinteze, u širem smislu usmeren je na inženjerstvo materijala koji imaju nove i poboljšane karakteristike razvojem postupka sinteze i daljeg procesiranja u skladu sa zahtevima njihove primene. Do sada je objavio pet naučnih radova u međunarodnim, jedan u

pregledni članak u časopisu nacionalnog značaja i osamnaest saopštenja na domaćim i međunarodnim konferencijama koja su štampana u izvodu.

2007. godine dobija stipendiju Univerziteta u Ljubljani za međunarodnu razmenu studenata u zimskom semestru i stipendiju Instituta Jožef Štefan za eksperimentalni rad. Na Katedri za neorgansku hemiju Fakulteta za hemiju i hemijsku tehnologiju Univerziteta u Ljubljani je na stručnom usavršavanju u periodu od oktobra 2007. do januara 2008. godine, gde se bavi eksperimentalnim radom vezanim za sintezu i karakterizaciju Ni/YSZ materijala za gorivne ćelije. U okviru projektnog zadatka sarađivao je na Hemijskom institutu u Ljubljani u laboratoriji za elektrohemijske materijale. Nagrađen je za najbolju magistarsku tezu odbranjenu između dve YUCOMAT konferencije 2009. godine. Član je Društva za istraživanje materijala Srbije.

B. Podaci o magistraturi

Naziv magistarske teze kandidata:

«**Hidrotermalna sinteza nanostrukturnih oksidnih prahova i njihova karakterizacija**»

Naučna oblast:

Nauka o materijalima – inženjerstvo materijala

Mentor:

Prof. Dr. Radoslav Aleksić

Naziv fakulteta na kome je odbranjena magistarska teza:

Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu

Godina odbrane magistarske teze:

15. jul 2009.

C. Objavljeni i saopšteni naučni radovi

Radovi u časopisima međunarodnog značaja (M21):

1. Ljiljana Veselinović, Ljiljana Karanović, Zoran Stojanović, Ines Bračko, Smilja Marković, Nenad Ignjatović and Dragan Uskoković. Crystal Structure of Cobalt-Substituted Calcium Hydroxyapatite Nano-Powders Prepared by Hydrothermal Processing, *Journal of Applied Crystallography* **43** (2010) 320-327, doi: 10.1107/S0021889809051395, (Crystallography 7/25, IF(2010)=3.794), ISSN 0021-8898;
2. M. Lukić, Z. Stojanović, S. D. Škapin, M. Maček-Kržmanc, M. Mitrić, S. Marković and D. Uskoković, Dense fine – grained biphasic calcium phosphate (BCP) bioceramics designed by two – step sintering, *Journal of European Ceramic Society* **31** (1-2) (2011) 19-27, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2010.09.006, (Materials Science, Ceramics 1/25, IF(2010)=2.575), ISSN 0955-2219;

3. M. Tadić, N. Čitaković, M. Panjan, Z. Stojanović, D. Marković, V. Spasojević, Synthesis, morphology, microstructure and magnetic properties of hematite submicron particles, *Journal of Alloys and Compounds* **509** (28) (2011) 7639-7644, doi: 10.1016/j.jallcom.2011.04.117, (Materials Science, Multidisciplinary 50/225, IF(2010)=2.138), ISSN 0925-8388;
4. Lukić M.J., Veselinović Lj., Stojanović Z., Maček-Kržmanc M., Bračko I., Škapin S.D., Marković S., Uskoković D., Peculiarities in sintering behavior of Ca-deficient hydroxyapatite nanopowders, *Materials Letters* **68** (2012) 331 – 335, doi: 10.1016/j.matlet.2011.10.085, (Materials Science, Multidisciplinary 53/225, IF(2010)=2.197), ISSN 0167-577X.

Radovi u časopisima međunarodnog značaja (M23):

1. Zoran Stojanović, Ljiljana Veselinović, Smilja Marković, Nenad Ignjatović and Dragan Uskoković. Hydrothermal Synthesis of Nanosize Pure and Cobalt-exchanged Hydroxyapatite, *Materials and manufacturing processes* **24** (2009) 1096-1103, doi: 10.1080/10426910903032113, (Materials Science, Multidisciplinary 144/225, IF(2010)=0.802), ISSN 1042-6914.

Radovi u časopisima od nacionalnog značaja (M52):

1. Z. Stojanović, S. Marković, D. Uskoković, Merenje raspodele veličina čestica metodom difrakcije laserske svetlosti, *Tehnika – Novi materijali* 19 (2010) 5, IF=0.064 ISSN 0354-2300.

Saopštenja sa međunarodnog skupa štamapana u izvodu M34:

1. Z. Stojanović, D. Jugović, D. Uskoković, Hydrothermal Synthesis of Cathode Materials for Lithium-ion Batteries, *The Ninth Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2007*, September 10-14, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 79, ISBN 978-86-80321-11-0;
2. Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. Marković, N. Ignjatović, D. Uskoković, Hydrothermal Synthesis of Cobalt-exchanged Hydroxyapatite Nanoparticles, *The Tenth Annual Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2008*, September 8-12, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 159, ISBN 978-86-80321-15-8;
3. Lj. Veselinović, Z. Stojanović, S. Marković, N. Ignjatović, D. Uskoković, XRD Analysys of Cobalt-Substituted Hydroxyapatite Prepared by Hydrothermal Method, *The Tenth Annual Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2008*, September 8-12, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 160, ISBN 978-86-80321-15-8;
4. Z. Stojanović, M. Jović, D. Uskoković, Impact of Solvent Mixture Composition and Additive Presence on LiFePO₄ Formation in Water-iso-propanol Solutions at Elevated Temperatures and

Pressures, *The Eleventh Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2009*, Avgust 31- September 4, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 91, ISBN 978-86-80321-18-9;

5. M. Jović, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, D. Uskoković, Hydrothermal Synthesis of LiFePO_4 Powders as Cathode Material for Li-ion Batteries, *The Eleventh Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2009*, Avgust 31- September 4, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 91, ISBN 978-86-80321-18-9;

6. Z. Ajduković, N. Ignjatović, Z. Stojanović, B. Kaličanin, V. Savić, S. M. Petrović, B. M. Petrović, J. Milićević, D. Uskoković, Treatment of Osteoporosis Alveolar Bone with Cobalt Substituted Hydroxyapatite Nanoparticles, *The Eleventh Yugoslav Materials Research Society Conference YUCOMAT 2009*, 31. Avgust - 4. September, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 188, ISBN 978-86-80321-18-9;

7. Z. Stojanović, Lj. Veselinović, M. Jović, A. Stanković, M. Jevtić, S. Marković, D. Uskoković, Laser Diffraction Particle Size Analysis of Non Spherical Particles Synthesized by Hydrothermal Method, *JuniorEUROMAT 2010* 24. – 30. July Lausanne Suisse;

8. Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. Marković, D. Uskoković, Synthesis Procedure for the Preparation of $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, *YUCOMAT 2010* 6. – 10. September, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 91, ISBN 978-86-80321-25-7;

9. Z. Stojanović, M. Lukić, Lj. Veselinović, S. Marković, D. Uskoković, Hydrothermal Synthesis of Zirconium Substituted Hydroxyapatite, *YUCOMAT 2011* 5. – 9. September, Herceg Novi, The Book of Abstracts, page 74.

Saopštenja sa skupa od nacionalnog značaja štampana u izvodu M64:

1. Z. Stojanović, K. Zupan, M. Marinšek, J. Maček, D. Uskoković, Uticaj različitih procesa pripremanja oksidnih prahova na karakteristike Ni/YSZ anodnog materijala za keramičke gorivne ćelije, *VI konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 24 – 26. decembar 2007. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 18;

2. Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. Marković, N. Ignjatović, D. Uskoković, Hidrotermalna sinteza kalcijum/kobalt hidroksiapatita, *VII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 22 – 24. decembar 2008. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 15;

3. M. Jović, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, D. Uskoković, Sintaza katodnog materijala LiFePO_4 hidrotermalnim postupkom, *VII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 22 – 24. decembar 2008. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 33;

4. Z. Stojanović, D. Uskoković, Hidrotermalna sinteza keramičkih materijala, *VIII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 21 – 23. decembar 2009. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 2, ISBN 978-86-80321-22-6;

5. Lj. Veselinović, Lj. Karanović, S. Marković, Z. Stojanović, I. Bračko, N. Ignjatović, D. Uskoković, Mikrostrukturne i morfološke promene kalcijum/kobalt hidroksiapatita, *VIII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 21 – 23. decembar 2009. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 16, ISBN 978-86-80321-22-6;
6. M. J. Lukić, Lj. Veselinović, Z. Stojanović, S. Marković, N. Ignjatović, D. Uskoković, Master sintering kriva nano kalcijum hidroksiapatita (CaHAp), *VIII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 21 – 23. decembar 2009. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 17, ISBN 978-86-80321-22-6;
7. M. Jović, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, D. Uskoković, Hidrotermalna sinteza katodnog materijala LiFePO_4 u prisustvu organske komponente, *VIII konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala*, 21 – 23. decembar 2009. godine, SANU, Beograd, Program i zbornik apstrakata, strana 27, ISBN 978-86-80321-22-6;
8. Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. Marković, D. Uskoković, Synthesis and dielectric properties of calcium copper titanate (CCTO) based ceramics, Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering 20-22 December 2010, SASA, Belgrade, Serbia, Program and the Book of Abstracts, page 7, ISBN 978–86–80321–26–4;
9. M. Lukić, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. D. Škapin, I. Bračko, S. Marković, D. Uskoković, The influence of powder characteristics on two-step sintering behavior of hydroxyapatite, Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering 20-22 December 2010, SASA, Belgrade, Serbia, Program and the Book of Abstracts, page 11, ISBN 978–86–80321–26–4.

Učešće u naučnim projektima:

1. «Sinteza funkcionalnih materijala sa kontrolisanom strukturom na molekularnom i nano nivou», evidencioni broj: 142006;
2. «Molekularno dizajniranje nanočestica kontrolisanih morfoloških i fizičko-hemijskih karakteristika i funkcionalnih materijala na njihovoj osnovi», evidencioni broj: III45004.

OBRAZLOŽENJE TEME

Naslov doktorskog rada:

«Proučavanje procesa sinteze i svojstava višefaznih oksidnih prahova dobijenih hidrotermalnim procesiranjem»

Naučna oblast:

Predložena tema pripada naučnoj oblasti hemija i hemijska tehnologija za koju je matičan Tehnološko – metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Predmet istraživanja

Hidrotermalni procesi su odavno proučavani i razvijeni sa različitim ciljevima i to za luženje ruda, ispitivanje sinteza minerala, reciklažu, sinteze novih materijala, rast kristala, depoziciju tankih filmova, razvoj procesa sinterovanja pri blagim uslovima i sinteze submikronskih i nanočestica sa definisanom morfologijom i uniformnih veličina. Opravdanost upotrebe ovih procesa sa aspekta ekonomičnosti, ekologije i njen široki opseg primene za najrazličitije materijale i procese, čine da je ova metoda aktuelna u nauci o materijalima, inženjerstvu materijala kao i različitim tehnološkim procesima. U poslednje četiri decenije hidrotermalni procesi se pretežno koriste, što se tiče hemije materijala i nauke o materijalima, za razvoj blagih procesa za sintezu naprednih neorganskih materijala ili za pripremanje funkcionalne keramike.

Nanoforme metala, nemetala, metalnih oksida, sulfida, ugljenične nanoforme, organometalna jedinjenja, kompozitni i hibridni materijali sintetisani su ovom metodom. Primenljivost metode za veliki broj jedinjenja, njena raznovrsnost u pogledu hemijskih parametara, relativno niske temperature na kojima se procesi odvijaju, mogućnost reciklaže rastvarača, scale up procesa na proizvodna postrojenja i još niz prednosti čine metodu interesantnom i aktuelnom za buduće primene u nanotehnologiji uopšteno zajedno sa solvothermalnim procesima.

Predmet doktorskog rada kandidata fokusiran je na hidrotermalne reakcione procese. Prema planiranim istraživanjima sledeća jedinjenja će biti sintetisana ovom metodom: hidroksiapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, litijum-gvožđe(II) fosfat LiFePO_4 , hematit Fe_2O_3 . Fundamentalni i fenomenološki pristup procesu sinteze omogućava nalaženje principa koji povezuju način vođenja procesa, od prvog do poslednjeg koraka pripreme, sa funkcionalnim karakteristikama sintetisanog materijala.

Primeru radi na biološki odgovor organizma prilikom primene $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ u formi paste ili kompozitnog bloka uticaće veličina i oblik primarnih čestica, hemijski sastav, karakteristike površine, uredenost kristalne strukture i drugo. Da bi se postigle željena svojstva nekog materijala neophodno je poznavati principe na osnovu kojih će se odabrati polazne supstance, zatim rastvarač kao reakcioni i transportni medijum, način pripreme prekursora koji će dalje biti podvrgnut hidrotermalnom tretmanu,

zatim termodinamički parametri samog hidrotermalnog procesa temperatura, vreme, pritisak, zatim način ispiranja, sušenja i čuvanja. U okviru navedenih hemijskih i termodinamičkih parametara postoji više načina vođenja samog procesa tako i uključivanja drugih bilo fizičkih bilo hemijskih faktora koji mogu da aktiviraju i poboljšaju simultane procese hemijskih reakcija, prenosa, kristalizacije i rasta u ovakvim sistemima tokom samog hidrotermalnog procesa.

Naučni ciljevi doktorske disertacije

Doktorski rad Zorana Stojanovića obuhvata istraživanja hidrotermalnih i solvothermalnih reakcija sa aspekta metode za dobijanje oksidnih nanočestica i nanostrukturnih formi. Istraživanja koja su obuhvaćena ovim radom imaju za cilj razvoj hidrotermalnih reakcionih procesa kojima se dobijaju oksidne nanočestice sa specifičnim karakteristikama koje se ostvaruju kontrolom hemijskih i termodinamičkih parametara. Veza navedenih hemijskih i termodinamičkih parametara sa strukturnim, površinskim i morfološkim karakteristikama čestica daje smernice za dalji razvoj ove i sličnih metoda jer se otkrivaju fundamentalni principi na osnovu kojih se dobijaju materijali u obliku nanočestica i nanostrukturnih formi sa kontrolisanim karakteristikama.

Hidrotermalni procesi su u velikoj meri ispitani i koriste se za sintezu nanočestica različitih oksidnih materijala. Cilj ovog rada je ispitati uticaj termodinamičkih, a posebno različitih hemijskih parametara u ovim sistemima na nastajanje nanočestica određene kristalne strukture, morfologije, disperzibilnosti i površinskih karakteristika.

Pod hemijskim parametrima i modifikacijom u cilju razvoja procesa podrazumeva se pored ispitivanja uticaja prekursora i površinski aktivnih supstanci, takođe korišćenje smeša rastvarača ili drugih supstanci, kao što je na primer ternarna smeša voda – etanol – trietanol amin i korišćenje određenih aditiva, odnosno inicijatora, uslovno rečeno katalizatora koji utiču na procese koji se odvijaju tokom hidrotermalne sinteze.

Relevantni bibliografski izvori:

1. HANDBOOK OF HYDROTHERMAL TECHNOLOGY: A Technology for Crystal Growth and Materials Processing, K. Byrappa, M. Yoshimura, (2001) Noyes Publication;
2. Hydrothermal technology for nanotechnology, K. Byrappa, T. Adschiri, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials* 53 (2007) 117 – 166;
3. Solvothermal Reactions: an original route for the synthesis of novel materials, Gérard Demazeau, *Journal of Materials Science* 43 7 (2008) 2104 – 2114;
4. Solvothermal synthesis of perovskites and pyrochlores: crystallisation of functional oxides under mild conditions, Deena R. Modeshia, R. I. Walton, *Chemical Society Reviews* 39 (2010) 4303 – 4325;

5. Synthesis of nanoparticles for biomedical applications, C. Blanco-Andujar, L. D. Tungc, N. T. K. Thanh, *Annual Reports on the Progress of Chemistry: Section A* 106 (2010) 553 – 568
6. Super Hybrid Materials, T. Adshiri, S. Takami, K. Minami, T. Yamagata, K. Miyata, T. Morishita, M. Ueda, K. Fukushima, M. Ueno, T. Okada, H. Oshima, Y. Mitani, S. Asahina, S. Unno, *Materials Science Forum* 700 (2011) 145;
7. Monodisperse F-Substituted Hydroxyapatite Single-Crystal Nanotubes with Amphiphilic Surface Properties, J. Hui, G. Xiang, X. Xu, J. Zhuang, X. Wang, *Inorganic Chemistry Communication* 48 (2009) 5614–5616;
8. Synthesis of monodispersed nanocrystalline materials in supercritical ethanol: a generalized approach, S. K. Pahari, T. Adschiri, A. B. Panda, *Journal of Materials Chemistry* 21 (2011) 10377;
9. A review of recent developments in the synthesis procedures of lithium iron phosphate powders, D. Jugović, D. Uskoković, *Journal of Power Sources* 190(2) (2009) 538 – 544.

Polazne hipoteze

Usled raznovrsnosti i mogućnosti promene parametara, kako hemijskih tako i termodinamičkih moguće je naći adekvatan postupak hidrotermalne sinteze koji će omogućiti dobijanje stabilnih disperzija nanočestica navedenih jedinjenja željenih karakteristika bez dodatnih fizičkih i hemijskih tretmana. Ovakve disperzije su pogodne za upotrebu u obliku koloidnih sistema za određene primene, a pored toga služe kao međuproizvod u daljem procesiranju radi dobijanja prahova odgovarajuće granulacije, sinterovane keramike, prevlaka, kompozitnih sistema koji se mogu primeniti u zavisnosti od materijala kako u biotehnologijama, proizvodnji litijum – jonskih baterija, katalizi i drugim oblastima.

Ovakve mogućnosti slede iz činjenica se sam hidrotermalni proces sastoji od niza procesa koji se mogu podešavati biranjem odgovarajućih hemijskih i termodinamičkih parametara kao što je već navedeno.

Naučne metode istraživanja

Za hidrotermalnu sintezu jedinjenja biće korišćen *Parr* – ov reaktor (*Parr Instrument Company*) sa mešanjem zapremine 2 l i autoklav – bomba opšte namene, zapremine od 100 ml bez mešanja.

Kvalitativno određivanje sastava biće urađeno analizom rendgenske difrakcije na prahu. Strukturne karakteristike materijala će biti određene rendgenostrukturnom analizom, Ramanskom spektroskopijom i elektronskom difrakcijom. Hemijski sastav i priroda veza će biti ispitana infra crvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom. Magnetna svojstva čestica biće ispitane pomoću SQUID magnetometrije.

Morfološke karakteristike čestica biće određene metodom skanirajuće i transmisione elektronske mikroskopije. Raspodela veličina čestica i disperzibilnost biće ispitane pomoću metode laserske difrakcije. Stabilnost rastvora nanočestica će biti ispitana merenjem ζ – potencijala.

Očekivani naučni doprinos

Rezultati istraživanja koja su obuhvaćena doktorskim radom Zorana Stojanovića pomoći će unapređenju procesa hidrotermalne sinteze nanočestica sa više aspekata. Optimizacija parametara dovešće do formiranja nanočestica koje su uniformne po veličini, obliku i strukturi. U većoj ili manjoj meri metoda omogućava supstituciju katjona i anjona u kristalnoj strukturi radi postizanja odgovarajućeg efekta. Uvođenjem odgovarajućih organskih jedinjenja kao što su više masne kiseline, amini, polimerna jedinjenja ostvariće se in situ modifikacija površine radi stabilizacije ovih nanočestica u rastvaračima različite polarnosti. Kod nanočestica za medicinske primene dodatak ovakvih liganada omogućiće efikasniju adsorpciju odgovarajućih medikamenata za kontrolisano otpuštanje i ciljanu dostavu, a kod ostalih sistema efikasno očuvanje aktivne površine nanočestičnog materijala.

Plan istraživanja i struktura rada

Predmet istraživanja dokorskog rada je hidrotermalna sinteza nanočestica oksidnih prahova. Rad će se sastojati od sledećih poglavlja: uvod, teorijski deo, eksperimentalni deo, rezultati i diskusija, zaključak i literatura.

Uvod će se odnositi na objašnjenje osnovnih principa hidrotermalnih procesa i primenu hidrotermalnih postupaka u nanotehnologiji za sintezu oksidnih nanočestica.

Teorijski deo će dati pregled dosadašnjih dostignuća iz oblasti hidrotermalnog procesiranja oksidnih nanočestica kao i metoda sinteze nanočestica i nanoformi hidroksiapatita, hematita i litijum-gvožđe fosfata. Jedan deo će se odnositi na stabilnost koloidnih sistema, disperzibilnost nanočestica i metode funkcionalizacije površine nanočestica za medicinske i druge primene.

U Eksperimentalnom delu biće navedeni materijali koji su korišćeni u sintezi nanočestica, detaljan postupak pripreme reakcione smeše – prekursora, i način optimizacije parametara hidrotermalne sinteze. Takođe biće objašnjeni postupci ispiranja, pripreme koloidnih rastvora i prahova nanočestica, i metode kojima su uzorci karakterisani.

Pod poglavljem Rezultati i diskusija biće objašnjena zavisnost parametara čestica od parametara procesa i parametri stabilnosti koloidnih rastvora sintetisanih nanočestica na osnovu analize podataka dobijenih navedenim metodama karakterizacije.

U zaključku će biti sumarno prikazani ostvareni rezultati u kontekstu njihove naučne vrednosti i primene. Takođe će biti izvedeni novi ciljevi na bazi urađenih istraživanja.

Pod Literaturom će biti navedene publikacije koje su korišćene u istraživanjima koja su obuhvaćena ovim doktorskim radom, a isto tako i publikacije koje su proizvod ovog istraživanja.

Zaključak i predlog

Na osnovu obrazloženja Komisija smatra da je tema predloženog doktorskog rada Zorana Stojanovića «**Proučavanje procesa sinteze i svojstava višefaznih oksidnih prahova dobijenih hidrotermalnim procesiranjem**» naučno zasnovana i predlaže Nastavno – naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže Profesor Dr. Radoslav Aleksić, redovni profesor Tehnološko – Metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti inženjerstvo materijala za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 7. decembra 2011.

Članovi komisije

Dr. Radoslav Aleksić, redovni profesor
Tehnološko – metalurški fakultet, Beograd

Dr. Dragoljub Uskoković, naučni savetnik
Institut tehničkih nauka SANU, Beograd

Dr. Đorđe Janačković, redovni profesor
Tehnološko – metalurški fakultet, Beograd
