

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/202
(Број захтева)
01.06.2018.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ЛИДИЈЕ (Драгомир) РАДОВАНОВИЋ, дипломираног инжењера технологије

КАНДИДАТ: **ЛИДИЈА (Драгомир) РАДОВАНОВИЋ** пријавила је докторску дисертацију под називом:

„ Комплекси елемената d-блока са ароматичним O,O- и N,N-донорским лигандима: синтеза, структура, својства и примена “

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **31.10.2016.** године, својим актом **61206-5441/2-16**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Комплекси елемената d-блока са ароматичним O,O- и N,N-донорским лигандима: синтеза, структура, својства и примена “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ЛИДИЈЕ (Драгомир) РАДОВАНОВИЋ** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **29.03.2018.** године Одлуком Факултета под бр. **35/84**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Јелена Роган	Ванредни професор	Неорганска хемија
2. Др Александра Дапчевић	Доцент	Неорганска хемија
3. Др Тамара Тодоровић	Ванредни професор	Неорганска хемија

Студен је уписан на докторске студије шк. 2010/2011. године. На захтев студента, а уз сагласност ментора, декан је донео Решење бр. 20/145 од 06.10.2016. године о продужењу рока за завршетак студија за два семестра шк. 2016/2017 године.

На захтев студента и на предлог ментора, Наставно-научно веће донело је Одлуку бр. 35/351 од 21.09.2017. године о продужењу рока за завршетак студија и за још годину дана шк. 2017/2018. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **31.05.2018.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 31.05.2018. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Јелена Роган, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александра Дапчевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Тамара Тодоровић, ванредни професор Универзитета у Београду, Хемијски факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Комплекси елемената d-блока са ароматичним O,O- и N,N-донорским лигандима: синтеза, структура, својства и примена“** коју је поднела **Лидија Радовановић**, дипломирани инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Лидије Радовановић, под називом „Комплекси елемената d-блока са ароматичним O,O- и N,N-донорским лигандима: синтеза, структура, својства и примена“ Одлуком број: 61206-5441/2-16 од 31.10.2016. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M22:

1. L. [Radovanović](#), J. [Rogan](#), D. [Poleti](#), M. [Milutinović](#), M. V. [Rodić](#), Polymeric zinc complexes with 2,2'-dipyridylamine and different benzenepolycarboxylate ligands: Synthesis, structure, characterization and antimicrobial activity, Polyhedron, 112 (2016) 18–26 (IF 1,926; ISSN 0277-5387).
2. L. [Radovanović](#), J. [Rogan](#), D. [Poleti](#), M. V. [Rodić](#), N. [Begović](#), Structural diversity of manganese(II) complexes containing 2,2'-dipyridylamine and benzenedicarboxylates. Conformational analysis of tere-, iso- and phthalate ions: An experimental and quantum chemical approach, Inorganica Chimica Acta, 445 (2016) 46–56 (IF 2,002; ISSN 0020-1693).

Категорија M23:

1. L. [Radovanović](#), J. [Rogan](#), D. [Poleti](#), M. V. [Rodić](#), Z. [Jagličić](#), Diaquabis(2,2'-dipyridylamine) M(II) Terephthalate Dihydrates, M(II) = Ni, Co: Synthesis, Crystal Structures, Thermal and Magnetic Properties, Acta Chimica Slovenica, 65 (2018) 191–198 (IF 0,983; ISSN 1318-0207).
2. L. [Radovanović](#), J. [Rogan](#), D. [Poleti](#), M. V. [Rodić](#), Z. [Jagličić](#), A terephthalate-bridged two-dimensional heteronuclear Cu(II)-Mn(II) complex with a terminal 2,2'-dipyridylamine ligand, Journal of the Serbian Chemical Society, 82 (2017) 1247–1258 (IF 0,822; ISSN 0352-5139).
3. D. [Poleti](#), J. [Rogan](#), M. V. [Rodić](#), L. [Radovanović](#), Mixed-ligand Mn^{II} and Cu^{II} complexes with alternating 2,2'-bipyrimidine and terephthalate bridges, Acta Crystallographica, C71 (2015) 110–115 (IF 0,479; ISSN 0108-2701).

Докторска дисертација и реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Lidije Radovanović**, dipl. inž. tehnologije

Odlukom br. 35/84 od 29. 3. 2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije pod naslovom: **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”**.

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala, kao i razgovora sa kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Lidija Radovanović, dipl. inž. tehnologije je **23. 6. 2016.** Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta predložila temu za izradu doktorske disertacije pod nazivom **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”**.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od **23. 6. 2016.** odlukom br. 35/342, imenovana je Komisija za ocenu podobnosti teme **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”** kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije za izradu doktorske disertacije.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj **15. 9. 2016.** odlukom br. 35/431, usvojen je referat Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije, a za mentora je imenovana dr Jelena Rogan, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Odlukom br. 61206-5441/2-16 od **31. 10. 2016.** Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”**.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od **29. 3. 2018.** odlukom br. 35/84, imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”**.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanje u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala, za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor, dr Jelena Rogan, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu je na osnovu dosadašnjih objavljenih radova i iskustva kompetentna da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Lidija Radovanović rođena je 2. 7. 1980. godine u Jagodini. Gimnaziju opšteg smera završila je 1999. godine u Čupriji, nakon čega je upisala Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 2006. godine na odseku Neorganska hemijska tehnologija sa prosečnom ocenom 8,06.

Doktorske studije upisala je školske 2010/11. na Tehnološko-metalurškom fakultetu, na smeru Inženjerstvo materijala, pod mentorstvom dr Jelene Rogan, vanrednog profesora na Katedri za opštu i neorgansku hemiju.

Od januara 2011. godine zaposlena je u Inovacionom centru Tehnološko-metalurškog fakulteta kao istraživač-pripravnik. U zvanje istraživač-saradnik izabrana je u septembru 2014. godine. Angažovana je na projektu III45007 „0-3D nanostrukture za primenu u elektronici i obnovljivim izvorima energije: sinteza, karakterizacija i procesiranje“, pod pokroviteljstvom Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. U julu 2017. godine reizabrana je u zvanje istraživač-saradnik.

Od školske 2014/15. godine angažovana je u nastavi za izvođenje eksperimentalnih vežbi iz predmeta Opšta hemija I i Opšta hemija II na Katedri za opštu i neorgansku hemiju Tehnološko-metalurškog fakulteta.

U okviru naučno-istraživačkih aktivnosti na projektu III45007 kandidat se bavi sintezom, strukturom, svojstvima i primenom koordinacionih jedinjenja elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N- donorskim ligandima.

Autor je i koautor deset naučnih radova objavljenih u međunarodnim časopisima, od kojih je jedan rad u kategoriji M21, tri rada u kategoriji M22 i šest radova u kategoriji M23, kao i jedne patentne prijave i značajnog broja radova saopštenih na međunarodnim i nacionalnim skupovima. Od toga, pet radova objavljenih u vodećim međunarodnim časopisima odnose se na problematiku izloženu u doktorskoj disertaciji.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije pod nazivom **„Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena”** napisana je na 188 strana, u okviru kojih se nalazi 6 poglavlja, 97 slika, 2 sheme, 40 tabela i 372 literaturna navoda. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura. Pored toga, disertacija sadrži Izvod na srpskom i engleskom jeziku, Sadržaj, Zahvalnicu i dodatke propisane pravilima Univerziteta u Beogradu o podnošenju doktorskih disertacija na odobravanje. Napisana disertacija po formi i sadržaju zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U doktorskoj disertaciji kandidata Lidije Radovanović prikazana je sinteza i karakterizacija 22 mešovito-ligandna kompleksa Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II) i Zn(II) sa anjonima ftalne, izoftalne, tereftalne i piromelitne kiseline kao O,O-donorskim ligandima i 2,2'-dipiridilaminom i 2,2'-bipirimidinom kao N,N-donorskim ligandima. Posebna pažnja posvećena je utvrđivanju kristalne strukture kompleksa i ispitivanju njihovih spektroskopskih, termičkih, magnetnih, fotoluminescentnih i antimikrobnih svojstava. Optimizovanim termičkim tretmanom od Zn(II)-kompleksa dobijeni su oksidni nanomaterijali, kojima je određena širina zabranjene zone i specifična površina. Takođe su ispitana spektroskopska, fotokatalitička, fotoluminescentna i antimikrobna svojstva ovih oksidnih materijala.

U Uvodu doktorske disertacije prikazan je značaj ternarnih kompleksa metala d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima, kako zbog različitih strukturnih oblika, tako i zbog primene u katalizi, molekulskom magnetizmu, nelinearnoj optici, farmaciji i biohemiji, i kao mikroporoznih materijala. Kao O,O-donorski ligandi predstavljeni su anjoni benzenpolikarboksilnih kiselina: ftalne (pht), izoftalne (ipht), tereftalne (tpht) i piromelitne (pyr), dok su kao N,N-donorski ligandi korišćeni 2,2'-dipiridilamin (dipya) i 2,2'-bipirimidin (bipym). Anjoni benzenpolikarboksilnih kiselina najčešće imaju ulogu mostovnih liganada u kompleksima, što omogućava nastanak umreženih struktura sa interesantnim svojstvima. O,O- i N,N-donorski ligandi učestvuju u nastanku vodoničnih veza i drugih slabijih nekovalentnih interakcija, čime dodatno stabilizuju strukture kompleksa. U Uvodu je izložen predmet i cilj istraživanja.

U Teorijskom delu doktorske disertacije predstavljen je značaj koordinacionih jedinjenja i područja njihove primene. Dati su različiti načini koordinacije aromatičnih polikarboksilat-jona i konformacije COO⁻-grupa koje uslovljavaju različitu dimenzionalnost rezultujućih materijala. Prikazan je značaj benzenpolikarboksilat-jona u supramolekulskoj hemiji jer ovi ligandi učestvuju u formiranju različitih nekovalentnih interakcija od kojih su najznačajnije vodonične veze, π - π i C-H $\cdots\pi$ interakcije. Opisan je način koordinacije i uticaj dipya- i bipym-liganada na strukturu i svojstva kompleksa. Dat je osvrt na stabilnost kompleksa i metode sinteze kompleksa. Predstavljen je literaturni pregled do sada poznatih benzenpolikarboksilato-kompleksa sa načinima koordinacije benzenpolikarboksilat-jona. Takođe, opisani su tipovi magnetnih interakcija koji mogu postojati u kompleksima elemenata d-bloka, a koji su posledica načina koordinacije benzenpolikarboksilato-liganada. U ovom delu disertacije dat je i literaturni pregled sinteze funkcionalnih oksidnih materijala nanometarskih dimenzija, polazeći od ternarnih kompleksa sa anjonima polikarboksilnih kiselina kao prekursora.

Ekperimentalni deo sastoji se iz šest poglavlja. U prvom poglavlju dat je spisak korišćenih supstanci sa nazivima proizvođača. U drugom, trećem i četvrtom poglavlju detaljno je predstavljen postupak sinteze kompleksa različitim metodama. U petom poglavlju opisana je sinteza ZnO metodom termolize polazeći od Zn(II)-kompleksa kao prekursora, dok su u šestom poglavlju opisane metode karakterizacije.

Deo Rezultati i diskusija organizovan je u devet poglavlja. Prvo poglavlje posvećeno je rezultatima ispitivanja i diskusiji kvantno-hemijske studije konformacija benzendikarboksilat-jona. Predstavljeni su rezultati konformacione analize uglova između benzenskih prstenova i COO⁻-grupa u pht-, ipht- i tpht-jonima na osnovu podataka iz Kembridžke kristalografske baze, gde je ukazano na veliku težnju ipht- i tpht-jona ka planarnoj konformaciji, dok su kod pht-jona uglovi između ravni C-COO⁻-grupa uvek bliski komplementarnim. Rezultati kvantno-hemijskih proračuna pokazali su da je planarna konformacija ipht- i tpht-jona energetski najstabilnija, dok se najstabilnija konformacija pht-jona postiže kada su obe COO⁻-grupe zarotirane paralelno za oko 50°.

U drugom poglavlju opisani su struktura i svojstva pet Mn(II)-kompleksa: [Mn(dipya)(pht)(H₂O)]₂, [Mn(dipya)(ipht)]_n, [Mn(dipya)₂(tpht)]_n, [Mn(dipya)(H₂O)₄(tpht)] i [Mn₂(bipym)(tpht)₂(H₂O)₄]_n. Detaljno su prikazane dužine veza i uglovi, koordinacioni broj jona metala, načini koordinacije O,O- i N,N-donorskih liganada i uticaj nekovalentnih interakcija na geometriju i pakovanje molekula. Predstavljeni su i diskutovani rezultati IC-spektroskopije, koji su potvrdili prisustvo vode i koordinaciju O,O- i N,N-donorskih liganada u kompleksima. Takođe, prikazani su rezultati termičke stabilnosti kompleksa, gde je utvrđeno da su bezvodni kompleksi stabilniji od kompleksa koji u svojoj strukturi sadrže različito vezane molekule vode.

U trećem poglavlju prikazane su strukture i svojstva dva Co(II)-kompleksa: [Co(dipya)₂(H₂O)₂](tpht)·2H₂O i {[Co(dipya)(tpht)]·H₂O}_n. Opisana je kristalna struktura diskretnog kompleksa [Co(dipya)₂(H₂O)₂](tpht)·2H₂O, pri čemu je dat uvid u geometriju oko Co²⁺-jona, dužine veza i uglove u koordinacionom poliedru, koordinaciju tpht- i dipya-liganda i geometriju vodoničnih veza i drugih nekovalentnih interakcija. Navedene su karakteristične vibracije u IC-spekttru kompleksa i opisana su termička svojstva kompleksa pri zagrevanju u inertnoj atmosferi. Merenje magnetne susceptibilnosti [Co(dipya)₂(H₂O)₂](tpht)·2H₂O na niskim

temperaturama pokazalo je da ovaj kompleks ima paramagnetna svojstva. U ovom poglavlju opisana je i kristalna struktura polimernog kompleksa $\{[\text{Co}(\text{dipya})(\text{tpht})]\cdot\text{H}_2\text{O}\}_n$, pri čemu su diskutovani načini koordinacije tpht- i dipya-liganda, geometrija oko Co^{2+} -jona i uticaj vodoničnih veza i nekovalentnih $\text{C}-\text{H}\cdots\pi$ interakcija na pakovanje molekula. Predstavljene su i karakteristične IC-vibracije i opisana su magnetna svojstva, pri čemu je utvrđeno da kompleks ispoljava slaba feromagnetna svojstva, koja su posledica mostovne koordinacije tpht-liganada.

Kristalna struktura, spektroskopska, termička i magnetna svojstva kompleksa $[\text{Ni}(\text{dipya})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{tpht})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ predmet su četvrtog poglavlja. Date su osnovne strukturne karakteristike kompleksa i istaknute razlike u odnosu na izostrukturni kompleks $[\text{Co}(\text{dipya})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{tpht})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Diskutovana su termička svojstva kompleksa u inertnoj atmosferi, pri čemu je ostatak termičke degradacije odgovarao čistom Ni, a iz prikazanih rezultata magnetnih merenja na niskim temperaturama zaključeno je da $[\text{Ni}(\text{dipya})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{tpht})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ispoljava paramagnetna svojstva.

Peto poglavlje bavi se strukturnom karakterizacijom dva Cu(II)-kompleksa: diskretnog $[\text{Cu}_2(\text{dipya})_4(\text{tpht})](\text{NO}_3)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ i polimernog $\{[\text{Cu}_3(\text{bipym})(\text{tpht})_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]\cdot 4\text{H}_2\text{O}\}_n$. Prikazani su načini koordinacije tpht-jona i dipya-, odnosno bipym-liganda i geometrija oko Cu^{2+} -jona, kao i formiranje i stabilizacija kristalnog pakovanja preko vodoničnih veza i dodatno nekovalentnih $\text{C}-\text{H}\cdots\pi$ interakcija kod $[\text{Cu}_2(\text{dipya})_4(\text{tpht})](\text{NO}_3)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Navedene su karakteristične vibracije u IC-spektrima oba kompleksa. Opisana su i diskutovana magnetna svojstva $[\text{Cu}_2(\text{dipya})_4(\text{tpht})](\text{NO}_3)_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na niskim temperaturama i utvrđeno je da je ovaj kompleks idealan paramagnetik.

Kompleksna Zn(II)-jedinjenja: $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{pht})]_n$, $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{ipht})]_n$, $\{[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{tpht})]\cdot\text{H}_2\text{O}\}_n$ i $[\text{Zn}_2(\text{dipya})_2(\text{pyr})]_n$ predstavljena su u šestom poglavlju. Opisane su i diskutovane kristalne strukture $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{ipht})]_n$ i $\{[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{tpht})]\cdot\text{H}_2\text{O}\}_n$, kao i rezultati sprektroskopske analize za ispitane Zn(II)-komplekse. Prikazano je termičko ponašanje ovih kompleksa u dve atmosfere: inertnoj i oksidacionoj i zaključeno je da razgradnja kompleksa u dve atmosfere ne prati isti obrazac, kao i da je kompleks $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{ipht})]_n$ termički najstabilniji. Predstavljena su i diskutovana antimikrobna svojstva na osam mikrobnih kultura: *B. subtilis*, *E. faecalis*, *L. monocytogenes* i *S. aureus* (Gram-pozitivne bakterije), *E. coli*, *P. aeruginosa* i *S. enteritidis* (Gram-negativne bakterije) i *C. albicans* (gljivica). Kompleks $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{ipht})]_n$ pokazao je najbolju aktivnost na četiri od osam ispitivanih vrsta, pri čemu je inhibicija rasta *L. monocytogenes* i *E. coli* bila veća od 95%. U okviru ovog poglavlja prikazana su i fotoluminescenta svojstva navedenih Zn(II)-kompleksa i utvrđeno je da svi kompleksi ispoljavaju emisiju sa maksimumima u rasponu od 391 do 458 nm, kao i da je emisija kompleksa $\{[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{tpht})]\cdot\text{H}_2\text{O}\}_n$ najintenzivnija, zbog rigidnosti njegove strukture.

U sedmom poglavlju opisani su bimetalni kompleksi u okviru dva potpoglavlja. U prvom je dat opis kristalne strukture dvodimenzionalnog kompleksa $[\text{Cu}_2\text{Mn}(\text{dipya})_2(\text{tpht})_3]_n$. Prikazani su načini koordinacije tpht- i dipya-liganada, dužine veza i uglovi u koordinacionom poliedru oko Mn^{2+} - i Cu^{2+} -jona kao i geometrija vodoničnih veza i $\text{C}-\text{H}\cdots\pi$ interakcija. Utvrđeno je da su tridentatni i heksadentatni način koordinacije tpht-liganda usloveli formiranje slojeva u strukturi kompleksa. U ovom delu predstavljeni su i rezultati spektroskopske i termičke analize, kao i merenja magnetne susceptibilnosti na niskim temperaturama, koja su ukazala na paramagnetno ponašanje kompleksa $[\text{Cu}_2\text{Mn}(\text{dipya})_2(\text{tpht})_3]_n$. U drugom potpoglavlju opisana su građa, spektroskopska, magnetna i termička svojstva bimetalnih mikrokristalnih kompleksa: $[\text{MnZn}_2(\text{dipya})_3(\text{tpht})_3]\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $[\text{CoZn}_2(\text{dipya})_3(\text{tpht})_3]\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $[\text{NiZn}_2(\text{dipya})_3(\text{tpht})_3]\cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{dipya})_4(\text{tpht})_4]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $[\text{CoNi}(\text{dipya})_2(\text{tpht})_2]\cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $[\text{CoCu}(\text{dipya})_2(\text{tpht})_2]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ i $[\text{NiCu}_2(\text{dipya})_3(\text{tpht})_3]\cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Formule ovih kompleksa utvrđene su na osnovu elementarne analize, energetske disperzivne i atomske apsorpcione spektroskopije (EDS i AAS) i termičke analize, a njihova građa je pretpostavljena na osnovu boje i rezultata IC-spektroskopije.

U osmom poglavlju dato je poređenje strukturnih karakteristika monokristalnih kompleksa opisanih u ovoj disertaciji.

U devetom poglavlju prikazani su nanočestični ZnO koji su dobijeni postupkom termolize Zn(II)-kompleksnih jedinjenja: $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{pht})]_n$, $[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{ipht})]_n$, $\{[\text{Zn}(\text{dipya})(\text{tpht})] \cdot \text{H}_2\text{O}\}_n$ i $[\text{Zn}_2(\text{dipya})_2(\text{pyr})]_n$ u atmosferi vazduha. Oksidi su okarakterisani rendgenskom difrakcijom i SE mikroskopijom, određena je širina zabranjene zone i specifična površina, kao i fotokatalitička, fotoluminescentna i antimikrobna svojstva.

U delu Zaključak izneti su postignuti rezultati istraživanja, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije.

U delu Literatura nabrojani su literaturni navodi koji su korišćeni prilikom izrade ove disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Ternarni kompleksi elemenata d-bloka koji sadrže aromatične O,O- i N,N-donorske ligande privlače veliku pažnju naučne javnosti i intenzivno se proučavaju u kristalnom inženjerstvu materijala zbog veoma različitih strukturnih oblika, kao i potencijalne primene u katalizi, molekulskom magnetizmu, nelinearnoj optici, farmaciji i biohemiji, i kao mikroporozni materijali. Takođe, danas je velika pažnja usmerena na proučavanje kristalnih struktura kompleksa prelaznih metala sa anjonima aromatičnih polikarboksilatnih kiselina kod kojih se javlja kombinacija primarnih veza (kovalentne i koordinativne veze) i sekundarnih nekovalentnih interakcija (vodonične veze i π -interakcije), jer predstavljaju veoma korisne funkcionalne materijale.

Originalnost doktorske disertacije kandidata Lidije Radovanović ogleda se u sintezi 22 nova kompleksna jedinjenja i određivanju njihove strukture, kao i u detaljnom ispitivanju svojstava ovih jedinjenja, što je dalo značajne naučne rezultate. Po prvi put su na sistematski način urađeni detaljna konformaciona analiza i kvantno-hemijski proračuni anjona tri poziciona izomera benzendikarboksilnih kiselina. Značajan doprinos disertacije ogleda se i u ispitivanju uloge kompleksa cinka(II) kao prekursora za sintezu oksidnih materijala sa kristalinitima nanometarskih dimenzija, a koji su pokazali dobra fotokatalitička, fotoluminescentna i antibakterijska svojstva.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Tokom izrade doktorske disertacije kandidat Lidija Radovanović sprovela je opsežan pregled relevantne stručne i naučne literature koja obuhvata 372 reference. Veći deo pregledane literature objavljen je u vrhunskim međunarodnim časopisima, a obuhvata pregledne radove koji se tiču sinteze, strukture, svojstava i primene kompleksa prelaznih metala, kao i radove koji se bave sintezom, svojstvima i primenom oksida prelaznih metala. U okviru literaturnih navoda nalaze se i reference kandidata Lidije Radovanović, koje su proistekle iz rada na ovoj disertaciji, objavljene u međunarodnim časopisima.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U okviru ove doktorske disertacije korišćene su sledeće eksperimentalne metode:

- Sva kompleksna jedinjenja dobijena su reakcijom izmene liganada, različitim metodama sinteze: hidrotermalno, sporim uparavanjem matičnog luga ili taloženjem iz vodenometanolskih rastvora.
- Postupkom termolize polazeći od Zn(II)-kompleksa sintetisani su nanokristalni ZnO.
- Kompleksi u obliku monokristala podvrgnuti su rendgenskoj strukturnoj analizi radi određivanja njihove kristalne strukture.
- Kompleksna jedinjenja ispitana su infracrvenom spektroskopijom (IC), kako bi se potvrdila koordinacija O,O- i N,N-donorskih liganada i prisustvo molekula vode.
- Elementarna mikroanaliza urađena je za komplekse u obliku mikrokristala.

- Mikrokristalni bimetalni kompleksi ispitani su ED- i AA-spektroskopijom kako bi se odredio molski odnos jona metala u njima.
- Kvantno-hemijskim proračunima analizirana je konformacija benzendikrabsilat-jona.
- Za ispitivanje termičke stabilnosti kompleksnih jedinjenja u inertnoj i oksidacionoj atmosferi korišćena je termogravimetrijska i diferencijalno-skenirajuća kalorimetrijska analiza (TG/DSC).
- Merenja magnetne susceptibilnosti nekih kompleksa na sobnoj i niskim temperaturama urađena su na Gujevoj vagi i SQUID magnetometru kako bi se ispitale magnetne interakcije.
- Rendgenska difrakcija praha korišćena je za identifikaciju kristalnih faza i izračunavanje veličine kristalita ZnO, kao i za identifikaciju dobijenih metala nakon termičke degradacije kompleksa $[\text{Co}(\text{dipy})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{tpht}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ i $[\text{Ni}(\text{dipy})_2(\text{H}_2\text{O})_2](\text{tpht}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
- Antimikrobno delovanje mikrokristalnih Zn(II)-kompleksa i ZnO ispitano je primenom kvantitativnog *in vitro* testa u tečnom medijumu, a u odnosu na više vrsta patogenih mikroorganizama.
- Fotoluminescentna merenja mikrokristalnih Zn(II)-kompleksa i ZnO u čvrstom stanju urađena su na sobnoj temperaturi na Fluorolog-3 spektrofotometru.
- Fotokatalitička svojstva uzoraka ZnO na boju RO16 (Reactive Orange 16) ispitana su apsorpcionom UV–Vis spektroskopijom.
- Merenja apsorbanse prahova ZnO na UV–Vis spektrofotometru urađena su kako bi se odredila širina zabranjene zone ovih uzoraka.
- Specifična površina uzoraka ZnO izračunata je na osnovu rezultata BET-analize.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Uzimajući u obzir literaturne podatke iz ove oblasti, rezultati i zaključci izvedeni tokom izrade ove doktorske disertacije predstavljaju osnovu za dalje sinteze mešovitih kompleksa prelaznih metala sa novim O,O-donorskim liganadima, kakvi su anjoni 1,3,5-benzentrikarbonsilne (trimezične) i 1,2,3,4,5,6-benzenheksakarbonsilne (melitne) kiseline, koji bi omogućili dobijanje MOF-materijala velike specifične površine sa potencijalnom primenom u apsorpciji gasova i fotokatalizi. Izuzetna antibakterijska aktivnost pojedinih Zn(II)-kompleksa na Gram-negativne bakterije, otvorila je mogućnost za ispitivanje citotoksičnih svojstava ovih materijala što bi omogućilo njihovu primenu u terapijama za lečenje tumora. Razmatrana kompleksna jedinjenja su i potencijalni prekursori za dobijanje nanočestičnih oksida i spinela, sa potencijalnom primenom u magnetizmu, fotokatalizi, medicini, optičkim i električnim uređajima. Naučna verifikacija rezultata potvrđena je objavljivanjem ostvarenih rezultata u uglednim međunarodnim časopisima.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U svom dosadašnjem naučno-istraživačkom radu, kandidat je pokazao izrazitu sposobnost za pretraživanje literature, pripremu i realizaciju eksperimenata, korišćenje različitih tehnika karakterizacije i analizu, obradu i izlaganje rezultata. Na osnovu postignutih rezultata Komisija smatra da je kandidat Lidija Radovanović, dipl. inž. tehnologije, pokazala veliku istrajnost, zalaganje i samostalnost u naučno-istraživačkom radu.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U doktorskoj disertaciji kandidata Lidije Radovanović pod nazivom „**Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena**”, ističu se sledeći naučni doprinosi:

- nova fundamentalna saznanja u oblasti kristalnog inženjerstva materijala i hemije koordinacionih jedinjenja koja sadrže aromatične O,O- i N,N-donorske ligande;
- uticaj načina koordinacije različitih polikarboksilato-liganada i faktora koji određuju njihove načine koordinacije na strukturne karakteristike kompleksa elemenata d-bloka;
- uticaj nekovalentnih interakcija na geometriju i pakovanje molekula;
- sistematizacija sintetisanih kompleksa sa O,O- i N,N-donorskim ligandima i poređenje njihovih strukturnih karakteristika;
- uspostavljanje korelacije između sinteze, strukture i svojstava jedinjenja sa njihovom potencijalnom primenom;
- optimizacija metode termičke dekompozicije ternarnih kompleksa elemenata d-bloka kao prekursora za dobijanje funkcionalnih oksidnih nanomaterijala kontrolisane stehiometrije, morfologije i veličine čestica.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Sprovedena istraživanja u okviru ove disertacije proistekla su na osnovu širokog spektra aktivnosti koji je uključivao detaljnu analizu literature iz oblasti sinteze i karakterizacije kompleksa prelaznih metala. Definisanjem ciljeva istraživanja utvrđena je metodologija istraživanja koja je primenjena tokom izrade doktorske disertacije. Disertacija razmatra sintezu, strukturu, karakterizaciju i primenu ternarnih kompleksnih jedinjenja metala prvog prelaznog niza i cinka, pri čemu su dobijeni rezultati u skladu sa očekivanim. Svi dobijeni rezultati povezani su sa strukturom polaznih materijala, što je dokumentovano kroz diskusiju rezultata u okviru ove disertacije.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Lidija Radovanović potvrdila je naučni doprinos rezultata dobijenih u toku izrade ove doktorske disertacije njihovim objavljivanjem u časopisima međunarodnog značaja, kao i njihovim saopštavanjem na međunarodnim i nacionalnim skupovima. Iz disertacije su proistekli sledeći radovi:

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22):

1. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, M. Milutinović, M. V. Rodić, Polymeric zinc complexes with 2,2'-dipyridylamine and different benzenepolycarboxylato ligands: Synthesis, structure, characterization and antimicrobial activity, Polyhedron, 112 (2016) 18–26 (IF 1,926; ISSN 0277-5387).
2. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, M. V. Rodić, N. Begović, Structural diversity of manganese(II) complexes containing 2,2'-dipyridylamine and benzenedicarboxylates. Conformational analysis of tere-, iso- and phthalate ions: An experimental and quantum chemical approach, Inorganica Chimica Acta, 445 (2016) 46–56 (IF 2,002; ISSN 0020-1693).

Rad u časopisu međunarodnog značaja (M23):

1. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, M. V. Rodić, Z. Jagličić, Diaquabis(2,2'-dipyridylamine) M(II) Terephthalate Dihydrates, M(II) = Ni, Co: Synthesis, Crystal Structures, Thermal and Magnetic Properties, Acta Chimica Slovenica, 65 (2018) 191–198 (IF 0,983; ISSN 1318-0207).
2. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, M. V. Rodić, Z. Jagličić, A terephthalate-bridged two-dimensional heteronuclear Cu(II)-Mn(II) complex with a terminal 2,2'-dipyridylamine ligand, Journal of the Serbian Chemical Society, 82 (2017) 1247–1258 (IF 0,822; ISSN 0352-5139).

3. D. Poleti, J. Rogan, M. V. Rodić, **L. Radovanović**, Mixed-ligand Mn^{II} and Cu^{II} complexes with alternating 2,2'-bipyrimidine and terephthalate bridges, *Acta Crystallographica*, C71 (2015) 110–115 (IF 0,479; ISSN 0108-2701).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34):

1. Jelena R. Rogan, **L. D. Radovanović**, Dejan D. Poleti, Marko V. Rodić, Structural diversities of manganese(II) complexes based on benzenedicarboxylate ions and 2,2'-dipyridylamine, 29th European Crystallographic Meeting, *Acta Crystallographica*, A71 (2015) s444, August 23–28, 2015, Rovinj, Croatia.
2. J. Zdravković, **L. Radovanović**, B. Simović, D. Poleti, J. Rogan, Ž. Radovanović, K. Mihajlovski, ZnO nanopowders obtained by thermolysis of zinc benzenedicarboxylate complexes with 2,2'-dipyridylamine, 4th International Conference The Serbian Society for Ceramic Materials, Book of abstracts, p. 79, June 14–16, 2017, Belgrade, Serbia.
3. J. D. Zdravković, **L. Radovanović**, D. Poleti, J. Rogan, K. Mészáros Szécsényi, P. J. Vulić, M. M. Vasić, D. M. Minić, Non-isothermal degradation of zinc-isophthalate complex with 2,2'-dipyridylamine, *CEEC-TAC4*, 4th Central and Eastern European Committee for Thermal Analysis and Calorimetry, Book of abstracts, p. 209, August 28–31, 2017, Chisinau, Moldova.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64):

1. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, Binuclear phthalato manganese(II) complex with 2,2'-dipyridylamine, [Mn₂(C₈H₄O₄)₂(C₁₀H₉N₃)₂(H₂O)₂]_n, XIX Konferencija srpskog kristalografskog društva, Izvodi radova, str. 29–30, 31. maj – 2. jun 2012., Bela Crkva, Srbija.
2. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, Ternary zinc complexes with 2,2'-dipyridylamine and benzene polycarboxylates, Prva konferencija mladih hemičara Srbije sa međunarodnim učešćem, Izvodi radova, str. 60, 19.–20. oktobar 2012., Beograd, Srbija.
3. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, Zigzag metal-organic polimer: (2,2'-dipyridylamine)(terephthalato)zinc(II) hidrate, XXI Konferencija srpskog kristalografskog društva, Izvodi radova, str. 64–65, 12.–14. jun 2014., Užice, Srbija.
4. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, Crystal structure of heteronuclear coordination polymer [Cu₂Mn(C₈H₄O₄)₃(C₁₀H₉N₃)₂]_n, XXII Konferencija Srpskog kristalografskog društva, Izvodi radova, str. 27–28, 11.–13. jun 2015., Smederevo, Srbija.
5. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, Crystal structure of cobalt(II) complex with 2,2'-bipyridine and anion of mellitic acid, XXIII Konferencija srpskog kristalografskog društva, Izvodi radova, str. 60–61, 11.–13. jun 2016., Andrijevica, Srbija.
6. J. Zdravković, B. Simović, **L. Radovanović**, J. Rogan, Zinc benzenepolycarboxylato complexes as a source for photocatalytic active ZnO, Fourth conference of young chemists, Book of abstracts, p. 95, November 5, 2016, Belgrade, Serbia.
7. **L. Radovanović**, J. Rogan, D. Poleti, M. V. Rodić, Z. Jagličić, Crystal structure of ferromagnetic Co(II) complex with terephthalate ligands, XXIV Konferencija srpskog kristalografskog društva, Izvodi radova, str. 50–51, 22.–24. jun 2017., Vršac, Srbija.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega navedenog, Komisija je mišljenja da doktorska disertacija „**Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena**” kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije predstavlja originalan i značajan naučni doprinos u oblasti istraživanja Tehnološko inženjerstvo, što je potvrđeno

objavljivanjem rezultata u istaknutim međunarodnim časopisima i časopisima međunarodnog značaja. Komisija smatra da su predmet i ciljevi doktorske disertacije u potpunosti ispunjeni i da disertacija pod nazivom „**Kompleksi elemenata d-bloka sa aromatičnim O,O- i N,N-donorskim ligandima: sinteza, struktura, svojstva i primena**” zadovoljava sve potrebne kriterijume, kao i da je Kandidat pokazao visok stepen samostalnosti, a posebno originalnosti u svom radu.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos dobijenih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat i podnetu disertaciju kandidata Lidije Radovanović, dipl. inž. tehnologije, i da ih izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da Referat uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, pa da nakon završetka procedure pozove Kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 21. 5. 2018.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Jelena Rogan, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Aleksandra Dapčević, docent
Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Tamara Todorović, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu,
Hemijski fakultet