

NAUČNOM VEĆU INSTITUTA TEHNIČKIH NAUKA SANU

Na sednici Naučnog veća Instituta tehničkih nauka SANU održanoj 23.10.2014. godine, izabrani smo za članove Komisije za sticanje zvanja **naučnog saradnika dr Ane Stanković** istraživača saradnika Instituta tehničkih nauka SANU. Na osnovu uvida u objavljene naučne radove kandidata, kao i na osnovu njene stručne biografije i ostalog pregledanog materijala, podnosimo Naučnom veću Instituta sledeći

IZVEŠTAJ

I Biografski podaci

Ana Stanković (devojačko Čeliković) rođena je 13.08.1979. godine u Kruševcu. Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu upisala je školske 1998/99. godine, a diplomirala je 2005. godine odbranivši diplomski rad pod nazivom „*Primena globalne optimizacije u makromolekularnoj kristalografiji*” i stekla zvanje diplomiranog fizikohemičara.

Poslediplomske studije upisala je na Fakultetu za fizičku hemiju školske 2005/06. godine. U novembru 2009. godine na istom fakultetu odbranila je magistarsku tezu pod nazivom „*Uticaj parametara procesiranja na tok mehanohemijske sinteze i sprečavanje pojave aglomeracije sintetisanih nanostrukturnih keramičkih prahova*” čime je stekla zvanje magistra fizičkohemijskih nauka.

Doktorsku disertaciju pod nazivom „*Korelacija funkcionalnih i fizičko-hemijskih svojstava prahova ZnO dobijenih različitim metodama sinteze*”, odbranila je u oktobru 2014. godine na Fakultetu za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu.

U Institutu tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti zaposlena je od jula 2005. godine.

II Angažovanost na projektima

Iz osnovnih istraživanja

142006 – Sinteza funkcionalnih materijala sa kontrolisanom strukturom na molekularnom i nano nivou (2006–2011.), rukovodilac prof. dr Dragoljub Uskoković, naučni savetnik u Institutu tehničkih nauka Srpske akademije nauka i umetnosti.

Iz integralnih i interdisciplinarnih istraživanja

45004 – Molekularno dizajniranje nanočestica kontrolisanih morfoloških i fizičko-hemijskih karakteristika i funkcionalnih materijala na njihovoj osnovi (2011–), rukovodilac projekta prof. dr Dragoljub Uskoković, naučni savetnik u penziji.

Učešće u međunarodnim projektima

U periodu 01.01.2012.–31.01.2013. učestvovala je na međunarodnom projektu „Nanostrukturno dizajniranje višefunkcionalnih i sinterovanih funkcionalnogradijentnih električnih i bioloških materijala” naziv projekta na engleskom jeziku je "Nanostructural Designing of Multifunctional and Sintered Electrical and Biological Functionally Graded Materials". Rukovodilac projekta iz Srbije je dr Smilja Marković a iz Slovenije dr Srečo Davor Škapin.

U okviru programa naučne i tehnološke saradnje između Republike Srbije i Republike Slovenije za period 01.01.2014.-31.01.2015. predat je predlog projekta bilateralne saradnje sa Institutom Jožef Štefan, departmanom za napredne keramičke materijale, pod nazivom "Dizajniranje i priprema gustih nanostrukturnih funkcionalnih gradijentnih elektrokeramičkih materijala", naziv projekta na engleskom je "Designing and preparation of dense nanostructured functionally graded electroceramic materials". Rukovodilac projekta iz Srbije je dr Smilja Marković dok je iz Slovenije rukovodilac dr Srečo Davor Škapin. Evaluacija predloga projekta je još uvek u toku.

III Kratka analiza naučno-istraživačkog rada

Dr Ana Stanković je do sada objavila pet naučnih radova publikovanih u međunarodnim časopisima od kojih su dva štampana u vrhunskim međunarodnim časopisima M21, dva u istaknutim međunarodnim časopisima M22, i jedan u naučnom časopisu M53. Dva rada su predstavljena kao saopštenja sa međunarodnog skupa štampana u celosti M33. Objavila je šesnaest radova saopštenih na naučnim skupovima od međunarodnog značaja štampanih u izvodu M34 i četiri rada saopštena na skupu od nacionalnog značaja štampana u izvodu M64.

Naučno-istraživačka aktivnost kandidata dr Ane Stanković usmerena je ka keramičkim materijalima prevashodno cink oksidu. Dr Stankovic je u svom radu koristila različite metode sinteze ZnO da bi kreirala čestice različite morfologije (oblika i dimenzija), a sve u cilju optimizacije njihovih fizičko-hemijskih karakteristika a na taj način i poboljšanja potencijalnih katalitičkih i bioloških svojstava. Osim sintezom, kanidat se bavio karakterizacijom materijala kao i ispitivanjem funkcionalnih osobina.

U dosadašnjem radu dr Ane Stanković mehanohemijskim procesiranjem i termičkim tretmanom reakcione smeše sintetisani su prahovi cink oksida (ZnO) i cirkonijum dioksida (ZrO₂). U okviru procesa sinteze ispitivan je uticaj prisustva različitih vrsta reagenasa za kontrolu procesa sinteze (*Process controlling agents*, PCA) na proces aglomeracije čestica, njihovu morfologiju i veličinu. Pokazano je da je izborom odgovarajućeg reagensa moguće direktno uticati na sprečavanje aglomeracije čestica u sistemu, na njihovu morfologiju i dimenzije. Najbolji rezultati dobijeni su u sistemu u kom je kao polazna komponenta korišćen ZnCl₂ dok je oksalna kiselina (C₂H₄OH·2H₂O)_{aq} korišćena kao reagens za kontrolu procesa sinteze. Pokazano je da variranjem parametara sinteze, vremena mlevenja, temperature kalcinacije i izborom odgovarajućeg PCA reagensa moguće dobiti čestice nanometarskih dimenzija, uske raspodele veličina gotovo idealnog sfernog oblika. (A. Čeliković, Lj. Kandić, M. Zdujić, D. Uskoković, *Synthesis of ZnO and ZrO₂ powders by mechanochemical processing. Materials Science Forum 555 (2007) 279-284*)

Ispitivanje uticaja prisustva tečnog medijuma u kom se odigrava mehanohemijska sinteza vršeno je uvođenjem vodenog rastvora oksalne kiseline kao jedne od komponenata reakcione smeše. Rezultati visokorezolucione skanirajuće mikroskopije

(FE–SEM) pokazuju da se prilikom sinteze iz vodenog rastvora dobijaju prahovi ZnO sa srednjom veličinom čestica ~ 100 nm, dok se čestice najmanjih dijametara (~ 30 nm), sfernog oblika, sa najužom raspodelom veličina, dobijaju u uslovima sinteze iz reakcione smeše $ZnCl_2/(C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O)_{aq}$ gde je vreme mehaničkog tretiranja 4 h dok je kalcinacija praha vršena na temperaturi od 450 °C tokom 1 h. (A. Stanković, Lj. Veselinović, S.D. Škapin, S. Marković D. Uskoković, *Controlled mechanochemically assisted synthesis of ZnO nanopowders in the presence of oxalic acid, Journal of Materials Science* 46 (11) (2011) 3716-3724)

Primenom hidrotermalnog procesiranja i variranjem pH vrednost reakcione smeše, sintetisane su čestice ZnO kontrolisane morfologije i veličina. Utvrđeno je da se veličina i morfologija čestica menjaju od mikrometarskih štapićastih formi (pH 8–10), preko submikro-metarskih elipsoidnih čestica (pH 11) do nanosfernih čestica (pH 12–13). (A. Stanković, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. Marković, and D. Uskoković, *Controlled Hydrothermal Processing of ZnO Powders in the Presence of PVP, 11th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Physical Chemistry 2012., Proceedings, pp. 431-433*) U okviru hidrotermalnog procesiranja ispitivan je uticaj prisustva različitih vrsta površinski aktivnih reagenasa: polivinil pirolidona (PVP), polivinil alkohola (PVA) i poli α,γ L–glutaminske kiseline (PGA) na proces aglomeracije čestica, njihovu morfologiju i veličinu. U zavisnosti da li su korišćeni PVA, PGA ili PVP, sintetisane su: nanosferne čestice srednjeg dijametara ~ 50 nm (PVA), čestice ZnO elipsoidne morfologije, submikronskih veličina ~ 200–300 nm (PGA), dok su mikrometarske (1-5 μ m) štapićaste forme sintetisane u prisustvu molekula PVP. Pokazano je da je izborom odgovarajućeg reagensa moguće direktno uticati na suzbijanje aglomeracije čestica u sistemu, na njihovu morfologiju i dimenzije.

Optička svojstva sintetisanih prahova ZnO proučavana su metodom UV-Vis DRS. Analizom dobijenih rezultata uočene su karakteristične refleksione krive, sa apsorpcionom granicom na oko 380 nm (vidljiva oblast spektra), ali sa jasno definisanom razlikom u procentu apsorpcije u vidljivoj oblasti spektra (380-780 nm). U poređenju sa kompaktnim materijalom ZnO, i mikrometarske i nanosferne čestice koje su sintetisane postupkom hidrotermalnog procesiranja pokazuju pomeranje vrednosti E_{bg} ka crvenoj oblasti spektra za 0,20 eV, što znači povećanje procenta apsorpcije u vidljivoj oblasti. Ovo poboljšanje u apsorpciji vidljive svetlosti objašnjeno je prisustvom male količine

fotoaktivnog polimera, PVP. Takođe je uočeno da u refleksionim spektrima sintetisanih prahova ZnO postoji malo pomeranje u vrednosti energije procepa (E_{bg}) reda veličine 0,06 eV ka crvenoj oblasti spektra, kao i da vrednost E_{bg} opada sa povećanjem srednje veličine čestica od nanosfera do mikrometarskih štapića. Ova pojava je objašnjena dužim optičkim putem koji svetlost pređe kroz čestice mikrometarskih dimenzija pri čemu je apsorpcija energije ($h\nu$) srazmerno veća (A. Stanković, Z. Stojanović, Lj. Veselinović, S. D. Škapin, I. Bračko, S. Marković, D. Uskoković, *ZnO micro and nanocrystals with enhanced visible light absorption, Materials Science and Engineering B 177(13) (2012) 1038-1045*)

Ispitivanje antibakterijskih svojstava sintetisanih prahova ZnO delovanjem na dve bakterijske ćelijske vrste: *Escherichia coli* ATCC 25923 (grupa gram-negativnih bakterija) i *Staphylococcus aureus* ATCC 25922 (grupa gram-pozitivnih bakterija) primenom metode brojanja kolonija pokazalo je da prah ZnO izgrađen od nanosfernih čestica, relativno velike specifične površine $25,70 \text{ gm}^{-2}$, pokazuje najveći procenat redukcije broja živih ćelija tj. najbolju antibakterijsku aktivnost u slučaju ćelija *Escherichia coli*, dok je najbolju antibakterijsku aktivnost u slučaju ćelija *Staphylococcus aureus* pokazao prah ZnO izgrađen od heksagonalnih mikronskih štapićastih formi. Analizom dobijenih rezultata uspostavljena je sledeća korelacija između antibakterijske aktivnosti prahova ZnO i njihovih fizičko-hemijskih karakteristika: prah ZnO izgrađen od čestica najmanjeg srednjeg dijametra, gotovo idealnog sfernog oblika, za koji je utvrđeno da ima najveću vrednost specifične površine ima najveći antibakterijski potencijal. Upravo specifična površina nano-sfernog praha ZnO može se smatrati jednim od najznačajnijih parametara koji utiču na antibakterijsku aktivnost, pre svega zbog količine reaktivnih kiseoničnih radikala koji se sa slobodne površine oslobađaju i koji utiču na metabolizam ćelije bakterije tj. na njen životni vek. Posebno je razmatran uticaj oblika i dimenzija ćelija ispitivanih bakterijskih vrsta i njihova povezanost sa morfologijom i veličinom čestica analiziranih prahova ZnO. Utvrđeno je da uzajamni odnos ovih parametara određuje broj čestica ZnO koje će biti u mogućnosti da ostvare kontakt sa ćelijskim zidom bakterije i oslobađanjem reaktivnih kiseoničnih radikala deluju na njegovu degradaciju. Potvrda ove pretpostavke ogleda se u dobijenim rezultatima koji ukazuju da prah sačinjen od najsitnijih sfernih čestica pokazuje značajnu razliku u antibakterijskoj aktivnosti (~ 5 % veću aktivnost) delovanjem na ćelije *E. coli* (izdužene,

štapićaste forme, mikrometarskih dimenzija) u odnosu kada je njime delovano na ćelije *S. aureus* sferne, submikronske forme. (A. Stanković, S. Dimitrijević, D. Uskoković, "Influence of size scale and morphology on antibacterial properties of ZnO powders hydrothermally synthesized using different surface stabilizing agents", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 102 (2013) 21-28)

U okviru doktorske disertacije kandidata dr Ane Stanković ispitivana su optička svojstva sonohemijski procesiranih prahova ZnO pri čemu je utvrđeno da submikrometarske čestice pokazuju manji procenat refleksije (~ 40 %), u poređenju sa nano-sfernim česticama (~ 60 %). Dobijeni rezultati potvrđuju da čestice većih dimenzija imaju najveći apsorpcioni kapacitet (manji procenat refleksije) u vidljivoj oblasti spektra. Osim toga posebna pažnja bila je usmerena na ispitivanje katalitičkih svojstava sonohemijski procesiranih prahova ZnO; primenjene su dve metode: heterogena fotokataliza i heterogena sonokataliza. Kao model sistem korišćen je vodeni rastvori organske boje, metilenskog plavog (MB) različitih koncentracija. Rezultati *fotokatalitičke aktivnosti* nanosfernog praha ZnO pokazali su 100 % efikasnosti pri razgradnji boje MB u koncentraciji od 5 ppm, u periodu od 3 h. Sa povećanjem koncentracije boje smanjuje se efikasnost procesa razgradnje u istom vremenskom periodu. *Sonokatalitička aktivnost* sonohemijski procesiranih prahova ZnO pod uticajem primenjenog ultrazvučnog polja ispitivana je na identičnim koncentracijama vodenih rastvora boje MB kao i fotokatalitička aktivnost. U ovom slučaju za rastvore MB koncentracija 5 i 10 ppm ostvarena je potpuna razgradnja boje iz rastvora, tj. 100 % efikasnosti, dok se sa povećanjem koncentracije rastvora MB smanjuje efikasnost procesa razgradnje u istom vremenskom periodu.

Metodom mikrotalasnog procesiranja polazeći od identičnih reaktanata kao u eksperimentima hidrotermalnog i sonohemijskog postupka sinteze, pod uticajem primenjenog mikrotalasnog polja snage 130 W, pri konstantnoj pH vrednosti reakcione smeše 13, variranjem vremena trajanja sinteze 5 i 10 min, sintetisani su prahovi cink oksida. U oba slučaja sintetisane su nano-sferne čestice ZnO dijametara od 20 do 50 nm, ali je utvrđeno da sa povećanjem vremena mikrotalasnog procesiranja dolazi do smanjenja tendencije grupisanja primarnih čestica u aglomerate. Rezultati ispitivanja optičkih svojstava mikrotalasnog procesiranih prahova ZnO pokazali su da u slučaju oba

sintetisana praha ZnO postoji pomeranje vrednosti energija procepa od 0,13 eV tj. E_{bg} je 3,24 eV u odnosu na literaturni podatak od 3,37 eV (karakteristična za kompaktni materijal). Vrednost E_{bg} od 3,24 eV ukazuje na značajno poboljšanje optičkih svojstva prahova ZnO u vidljivom delu spektra. Katalitička aktivnost prahova cink oksida ispitivana je primenom heterogene sonokatalize. U eksperimentima su korišćeni rastvori boje MB različitih koncentracija. U zavisnosti od veličine, morfologije i stepena aglomeracije čestica ZnO uočeno je da efikasnost procesa razgradnje od 100 % pokazuju oba praha ZnO za rastvore boje manjih koncentracija, dok se sa povećanjem koncentracije rastvora boje efikasnost procesa razgradnje smanjuje tokom istog vremenskog perioda. Takođe, uočena je veća sonokatalitička aktivnost neaglomerisanih čestica praha cink oksida. (*S. Marković, A. Stanković, V. Rajić and D. Uskoković, Optical and Catalytical Properties of Microwave Processed ZnO Powders, 12th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Physical Chemistry 2014., Proceedings, pp. 252-255*)

IV Citiranost

Radovi dr Ane Stanković citirani su ukupno 24 puta (23 heterocitata i jedan autocitat) prema indeksnim bazama podataka *Web of Science Core Collection* i *Scopus* na dan 17. 10. 2014. godine. Svi citati navedeni su u Prilogu.

V Mišljenje i predlog komisije

Za izbor u zvanje naučni saradnik Pravilnikom za sticanje pojedinačnih naučnih zvanja određeni su minimalni kvantitativni zahtevi. Uslov za prvi izbor u zvanje naučnog saradnika izražen je kao obaveza da kandidat ima ukupno najmanje 16 poena, koji treba da pripadaju sledećim kategorijama: prvoj kategoriji u zbiru navedenih faktora $M10 + M20 + M31 + M32 + M33 + M41 + M42 + M51 \geq$ mora da ima 9 bodova i više i u drugoj kategoriji u zbiru navedenih faktora $M21 + M22 + M23 + M24 \geq$ mora da ispunjava uslov od nakupljenih 4 bodova i više.

Tabela objavljenih radova kandidata dr Ane Stanković prikazuje oznake kategorije navedene u pravilniku i broj objavljenih radova u toj kategoriji. Ukupan broj bodova u svim navedenim kategorijama iznosi 46,8.

Tabela postignutih rezultata kandidata dr Ane Stanković

Indikator	Kategorija	Bodovi	Ukupno
M21	Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu	2 x 8	16
M22	Rad u istaknutom međunarodnom časopisu	2 x 5	10
M53	Rad u naučnom časopisu	1 x 1	1
M33	Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini	2 x 1	2
M34	Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu	16 x 0.5	8
M64	Saopštenja sa skupa od nacionalnog značaja štampana u izvodu	4 x 0.2	0.8
M71	Odbranjena doktorska disertacija	6	6
M72	Odbranjen magistarski rad	3	3
<i>Ukupno po relevantnim kategorijama</i> (M10 + M20 + M21 + M22 + M23 + M24 + M31 + M32 + M33 + M41 + M42 + M51)			37.8
<i>Ukupno po svim kategorijama</i>			46.8

Na osnovu svega izloženog može se izvesti sledeći

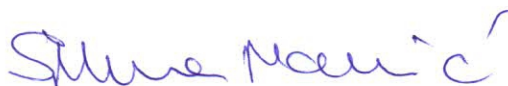
ZAKLJUČAK

Kandidat dr Ana Stanković je u svojoj dosadašnjoj aktivnosti pokazala veliki stepen samostalnosti, kreativnosti kao i sklonost ka temeljnom naučno-istraživačkom radu, a isto tako i sposobnost za zajednički rad na projektnom zadatku.

Kod kandidata je izražena želja za usavršavanjem i pronicanjem u nove i savremene oblasti istraživanja. Naučni rezultati kandidata daju dobar osnov za dalja istraživanja u oblasti keramičkih nanostrukturnih materijala.

Imajući u vidu naučne rezultate kandidata, predlažemo Naučnom Veću Instituta tehničkih nauka SANU da usvoji ovaj Izveštaj i predloži Matičnom odboru za hemiju zahtev za odluku da **dr Ana Stanković** stekne zvanje **naučni saradnik**.

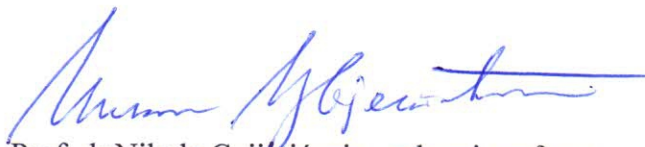
ČLANOVI KOMISIJE:



dr Smilja Marković, viši naučni saradnik
Institut tehničkih nauka SANU



dr Miodrag Zdujić, naučni savetnik
Institut tehničkih nauka SANU



Prof. dr Nikola Cvijetićanin, redovni profesor
Fakultet za fizikčku hemiju Univerziteta u Beogradu