

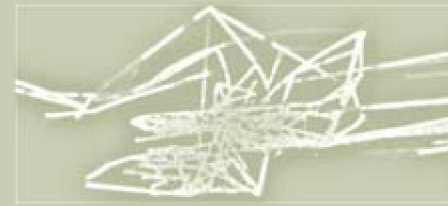
*PROUČAVANJE PROCESA SINTEZE I  
SVOJSTAVA VIŠEFAZNIH OKSIDNIH PRAHOVA  
DOBIJENIH HIDROTERMALNIM  
PROCESIRANJEM*

Zoran Stojanović

*HIDROTERMALNO KOLOIDNO PROCESIRANJE  
PRIMENA U NANOTEHNOLOGIJAMA*

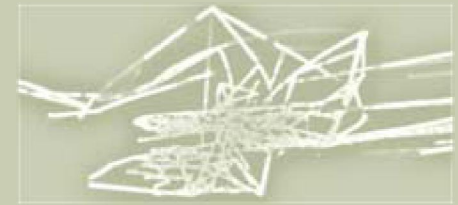


# Uvod-motivacija



2

- Razumevanje mehanizama sinteze nanokristala i nanostrukturnih formi neorganskih supstanci **hidrotermalnim i solvotermalnim postupcima**
- Veza između parametara čestice i **funkcionalnih svojstava**
- **Kontrola sinteze** primarnih nanostrukture i uređivanje u strukture višeg reda
- **Funkcionalizacija površine nanočestica** za biomedicinske primene



## □ *Oksidni materijali*

### □ *hidroksiapatit $Ca_5(PO_4)_3OH$*

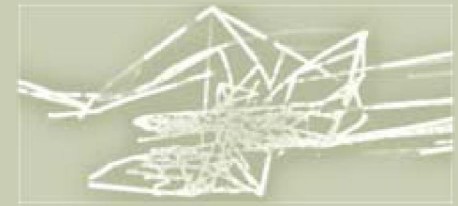
- Supstitucija
- Sinteza ambifilnih čestica u dvofaznom sistemu
- biološki odziv supstituisanog apatita

### □ *olivin $LiFePO_4$*

- Sinteza u dvofaznom sistemu
- Mehanizam redukcije  $Fe^{3+}$
- Elektrohemijske osobine

### □ *R □ L □ L □ R □ đ a*

- Nanokristali magnetita
- Hibridne magnetne čestice
- Hetero dimer Au –  $Fe_3O_4$



## ▣ *Au nanokristali*

### ▣ *solvotermalna sinteza*

- ▣ modifikacija površine nanokristala Au
- ▣ konjugacija nanočestica Au sa feritin – proteinom

## ▣ *Perspektive*

### ▣ *kontrolisana sinteza nanosturktura*

### ▣ *heterogene nanostrukture*

### ▣ *ispitivanje interakcija nanočestica sa biomolekulima*

5

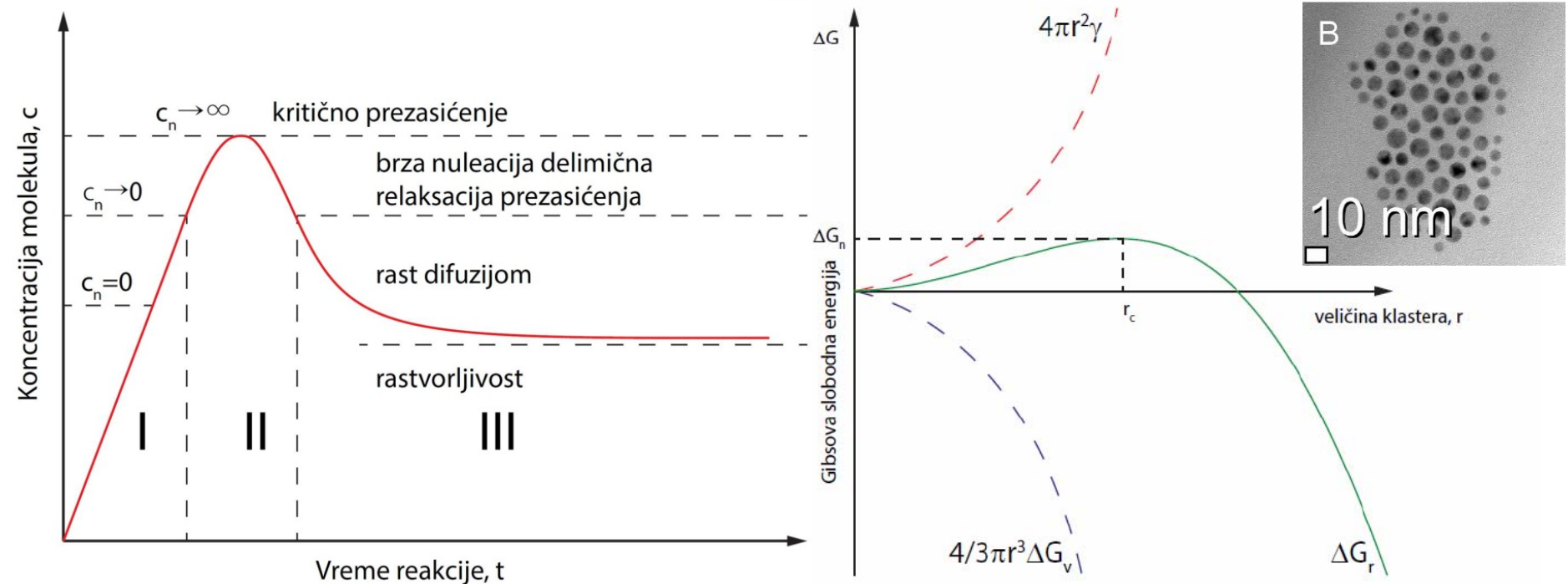
# Teorijski deo

# Principi sinteze koloidnih nanokristala

6

## Cilj -> kontrola rasta nanočestica

### Kinetika procesa nukleacije i rasta koloidnih nanokristala



$$\frac{dN}{dt} = A e^{\left[ \frac{-\Delta G_N}{kT} \right]}$$

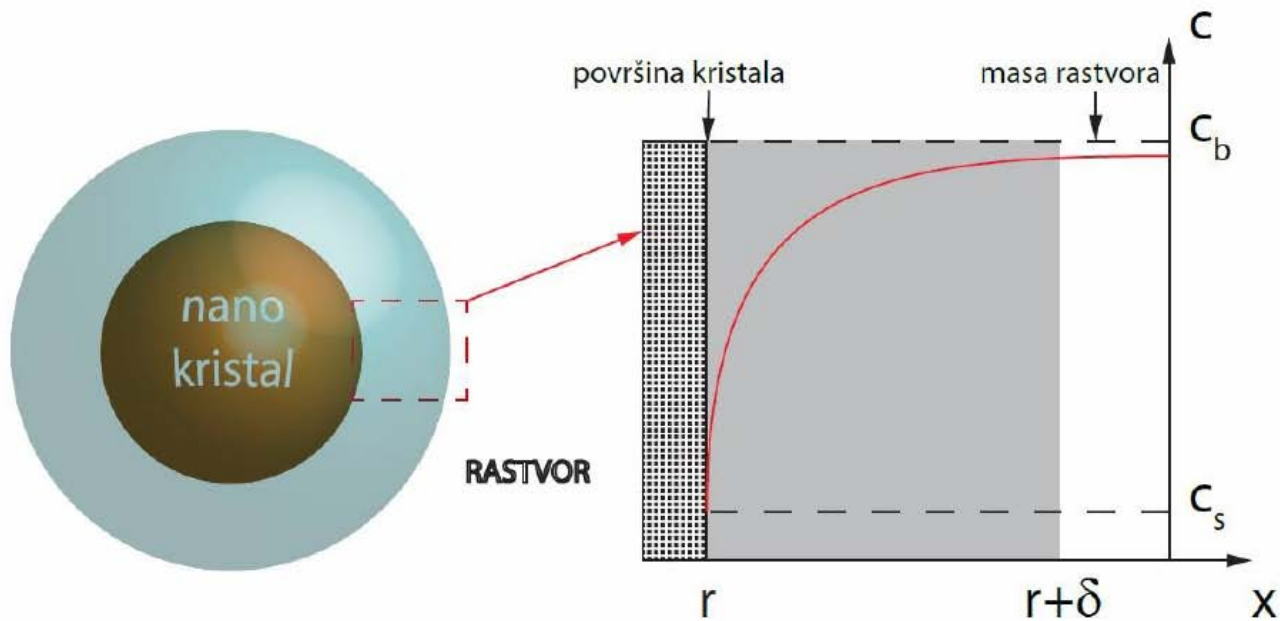
$$\Delta G = n \cdot (\mu_S - \mu_L) + A_\gamma = \frac{4}{3} r^3 \pi \cdot \Delta G_V + 4r^2 \pi \cdot \gamma$$

# Principi sinteze koloidnih nanokristala

7

## Cilj->kontrola rasta nanočestica

- Proces rasta koloidnih kristala difuzijom



## Gibbs – Thompson-ova relacija i Gibbs – Wolff-ova teorija

$$\frac{dr}{dt} = \frac{V_m D}{r} (C_b - C_s)$$

$$nM^s \begin{matrix} \xrightarrow{k_p} \\ \xleftarrow{k_d} \end{matrix} mM_n^c$$

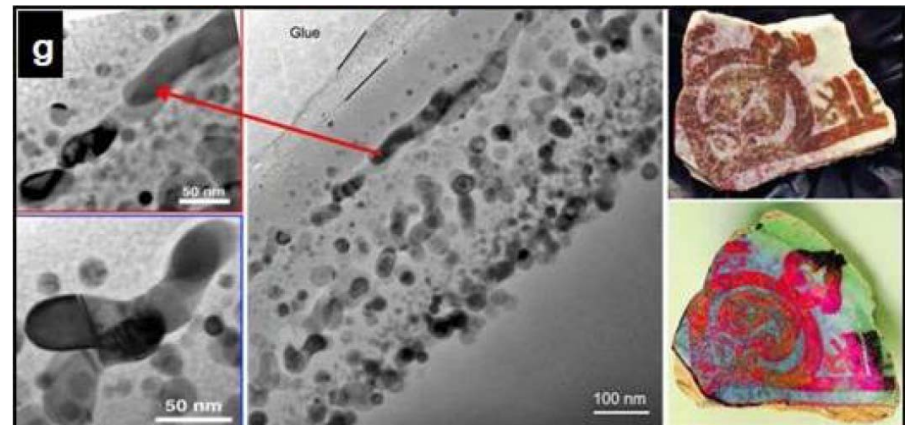
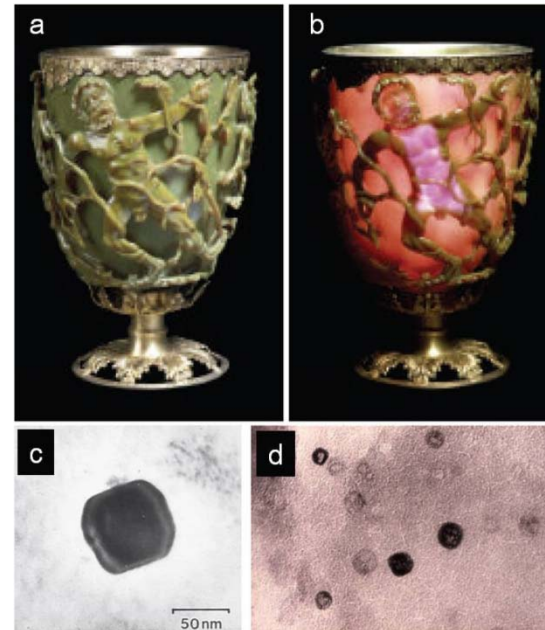
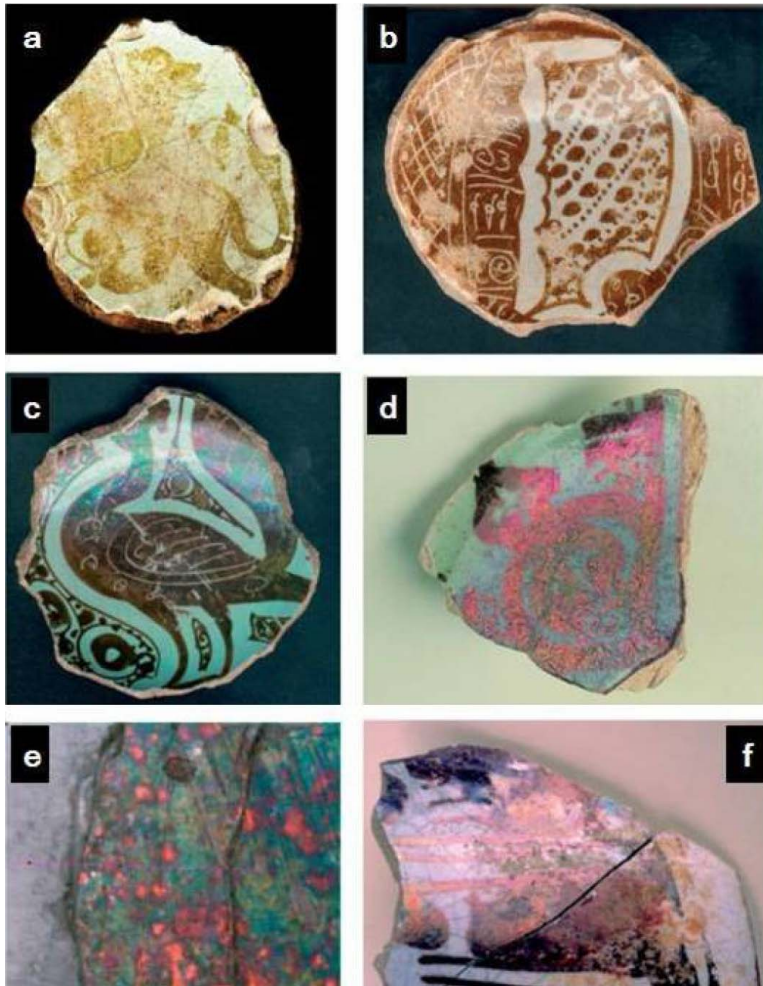
$$C_r = C_{r \rightarrow \infty} e^{\frac{2\gamma V_m}{RT r}}$$



# Nanotehnologija - primeri

8

## Antička keramika i staklo





# Efekti u nanostrukturama

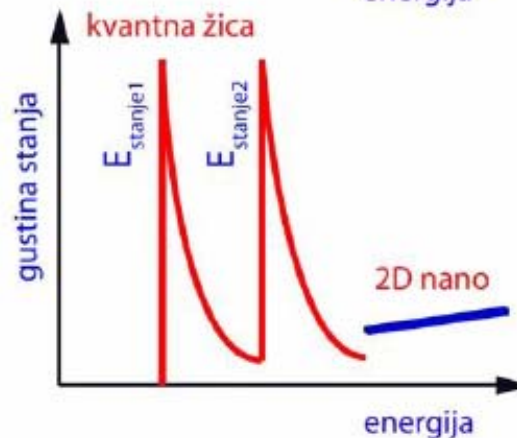
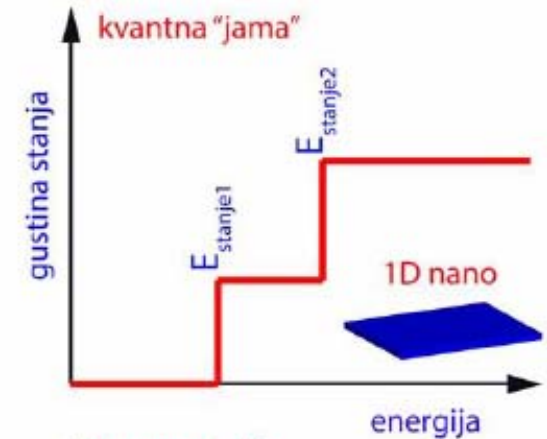
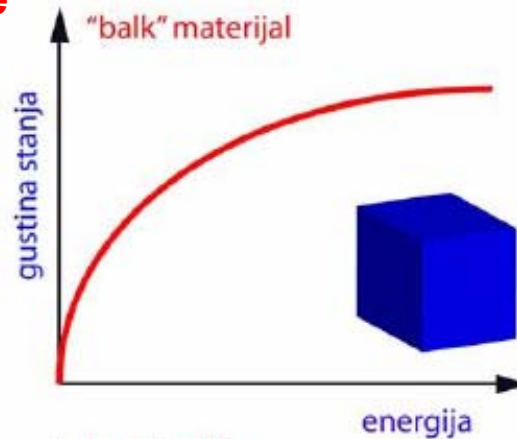
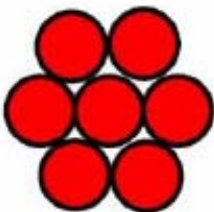
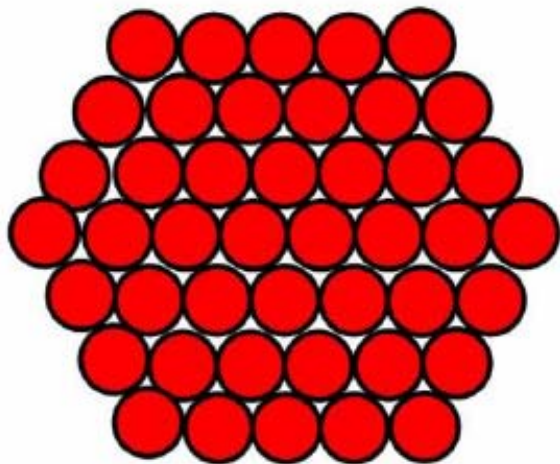
9

▣ Efekti koji se javljaju kod nanokristala

**Superparamagnetizam**  
**Plazmonska rezonanca**  
**Efekat kvantne konfinacije**

A

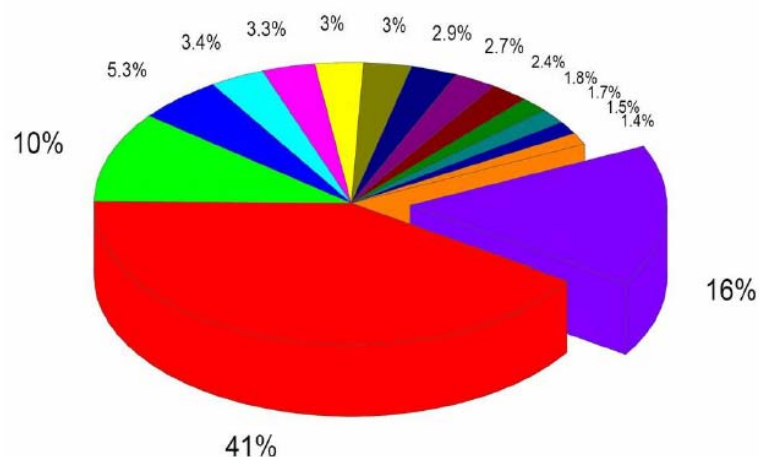
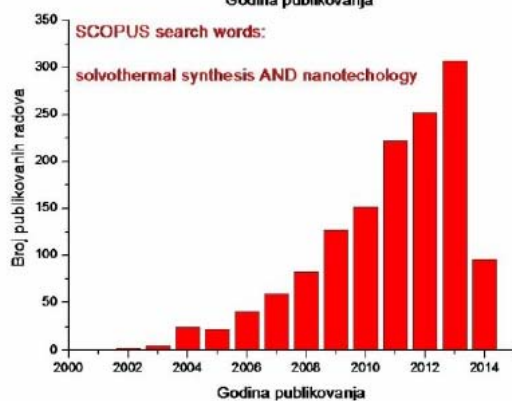
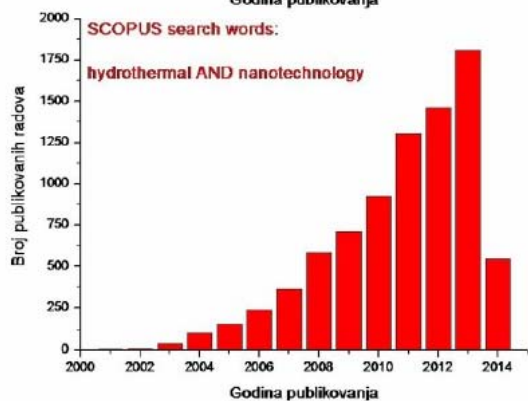
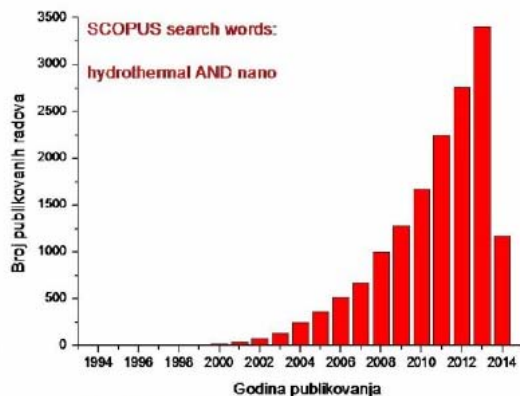
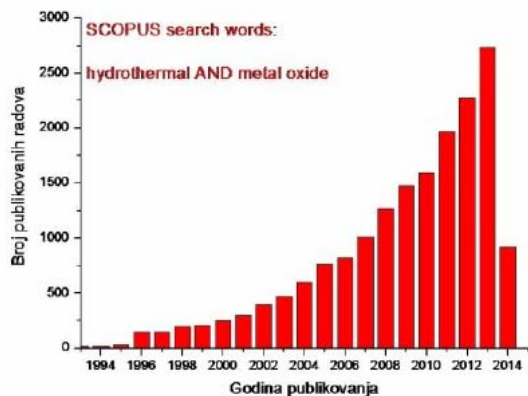
B



# Hidrotermalna i solvotermalna tehnologija

10

**Preko 16000 originalnih radova  
Srbija oko 30 publikacija**



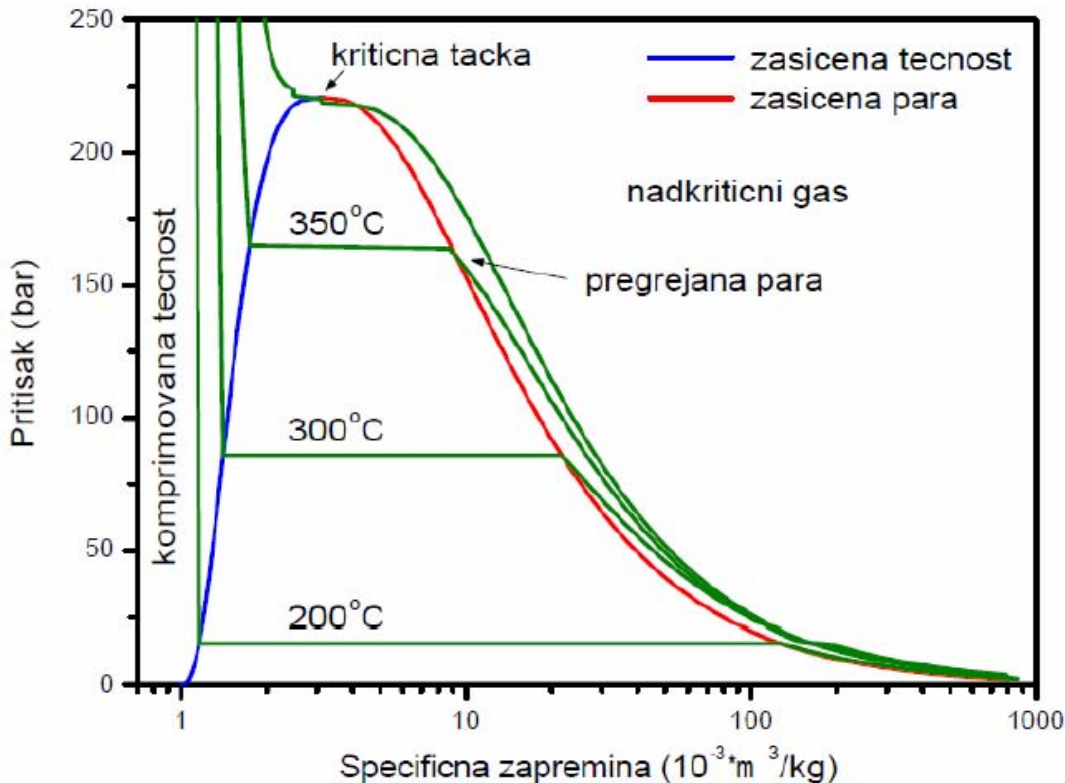
- China
- United States
- Japan
- India
- South Korea
- France
- Germany
- Australia
- United Kingdom
- Canada
- Spain
- Taiwan
- Singapore
- Russian Federation
- Preostale Zemlje

**“hidrothermal” & “metal oxide”**

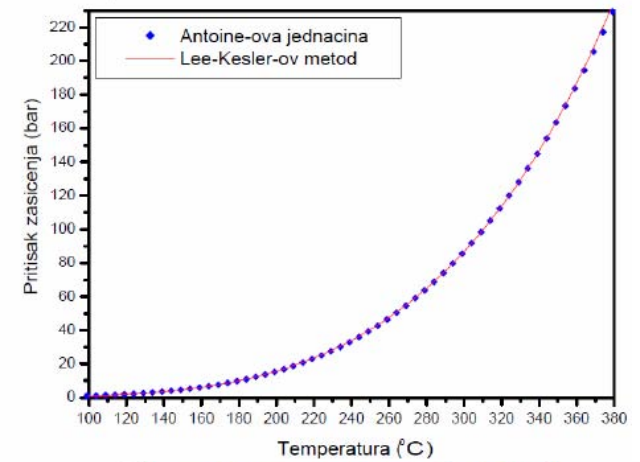
# Hidrotermalna i solvotermalna tehnologija

11

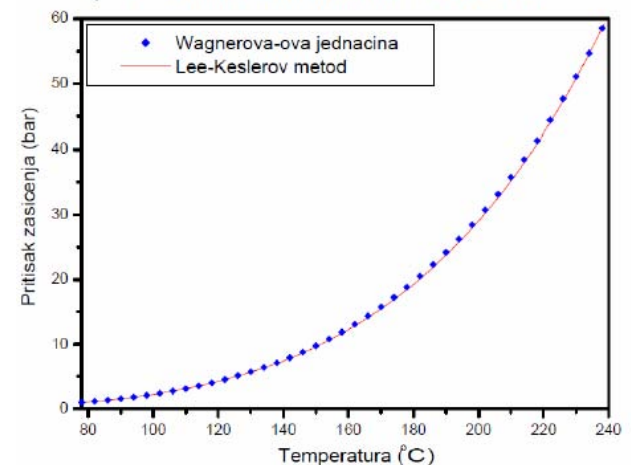
## ▣ Pritisak u hidrotermalnim i solvotermalnim sistemima



$p^{\text{sat}}-T$  za vodu u intervalu od 100°C do 374°C



$p^{\text{sat}}-T$  za etanol u intervalu od 78°C do 240°C



# Hidrotermalna i solvotermalna tehnologija

12

## ▣ Pritisak u hidrotermalnim i solvotermalnim sistemima

Povećanje zapremine tečnosti u sudu u zavisnosti od T

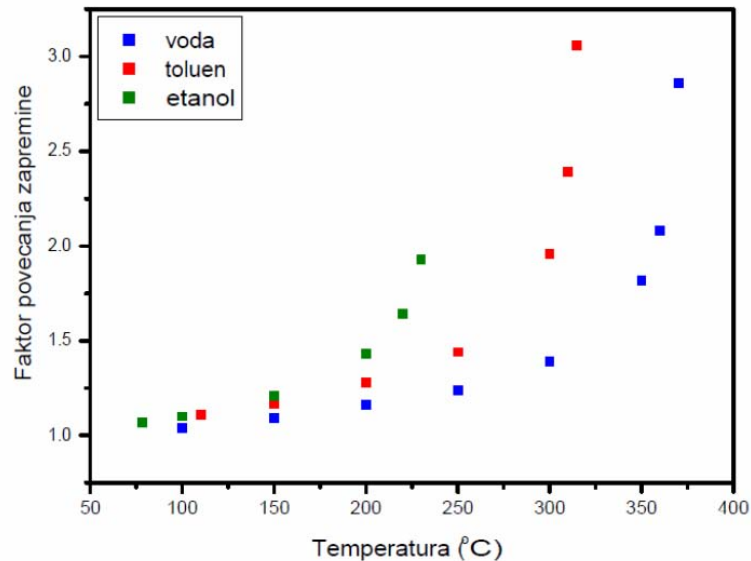


Tabela 2.2.1. Atomske grupe koje su karakteristične za eksplozivna jedinjenja

acetilid	amin oksid	azid	Hlorat	diazo	diazonijum
$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{M}$	$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{N}^+-\text{O}^- \\ \diagdown \end{array}$	$-\text{N}=\text{N}^+=\text{N}^-$	$-\text{ClO}_3$	$-\text{N}=\text{N}-$	$-\text{N}^+\equiv\text{N} \text{X}^-$
fulminat	N-haloamin	hidroperoksid	Hipohalit	nitrat	nitrit
$\text{CNO}^-$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ -\text{N} \\   \\ \text{X} \end{array}$	$-\text{O}-\text{O}-\text{H}$	$-\text{O}-\text{X}$	$-\text{O}-\text{NO}_2$	$-\text{O}-\text{NO}$
nitro	nitrozo	Ozonid	Perkiselina	perhlorat	peroksid
$-\text{NO}_2$	$-\text{NO}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ -\text{O}-\text{O}-\text{H} \end{array}$	$-\text{ClO}_4$	$-\text{O}-\text{O}-$

$$F_T^f = F \cdot \rho_0 \cdot v_l \cdot \frac{v_g - v_{srednje}}{v_g - v_l}$$

$$MDPV = \frac{0.9 \cdot (\text{Zapremina Suda})}{(\text{Faktor Povećanja Zapremine})}$$

# Hidrotermalna i solvotermalna tehnologija

13

## ▣ Klasifikacija hidrotermalnih i solvotermalnih procesa

*Shi et al. Chem. Soc. Rev. 2013*



14

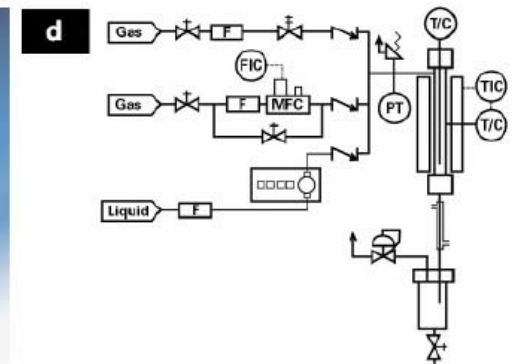
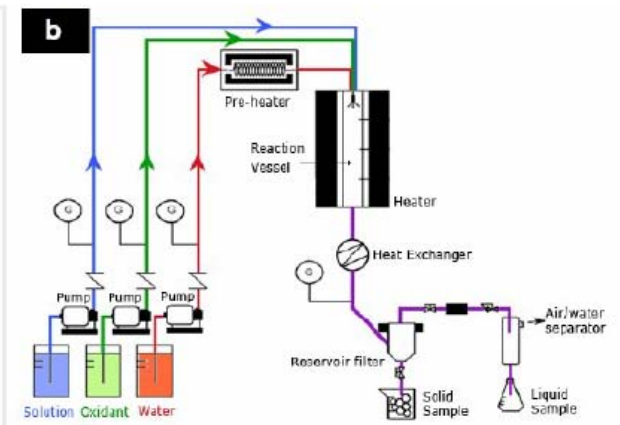
# Metodologija eksperimentalnog rada



# Metodologija eksperimentalnog rada

15

## Autoklavi i posude pod pritiskom



Uređaji za kontinualnu sintezu



# Metodologija eksperimentalnog rada

16

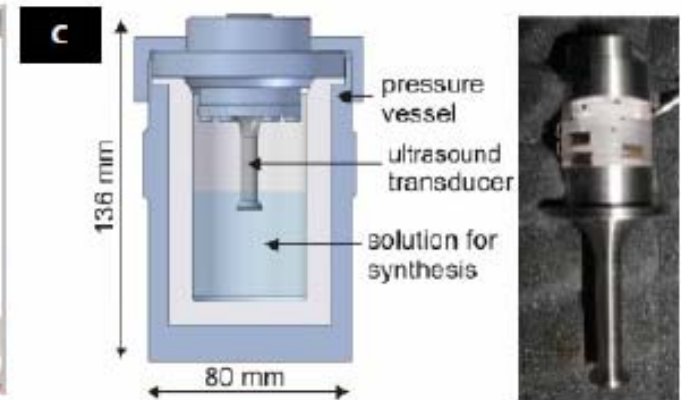
## Autoklavi i posude pod pritiskom



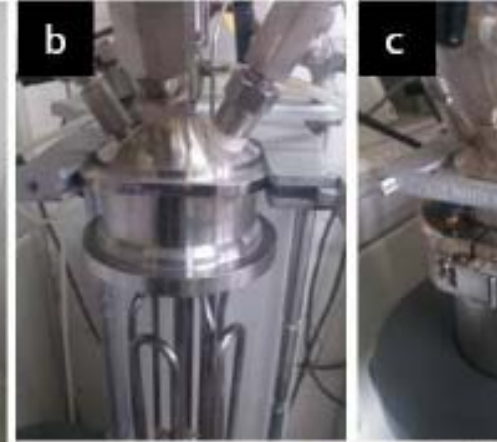
**mikrotalasna**



**mehanohemij  
ska**



**ultrazvučna**



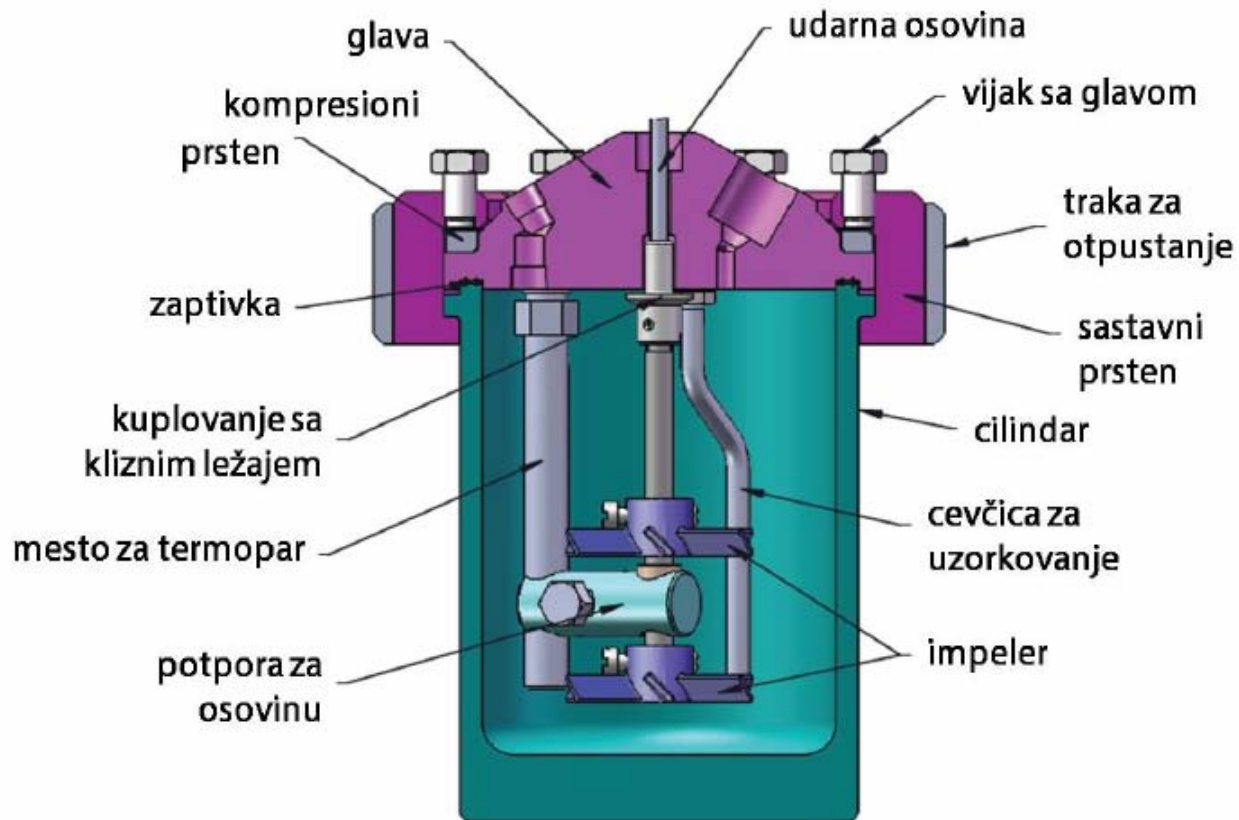
17

Parov hidrotermalni reaktor sa mešanjem

# Metodologija eksperimentalnog rada

18

## Autoklavi i posude pod pritiskom



# Metodologija eksperimentalnog rada

19

## Autoklavi i posude pod pritiskom

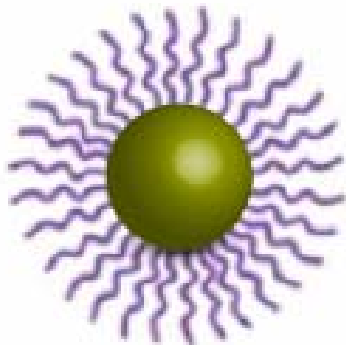


# Koloidno hidrotermalno procesiranje

20

## ▣ Hibridna metoda principi hemijske sinteze koloidnih NK

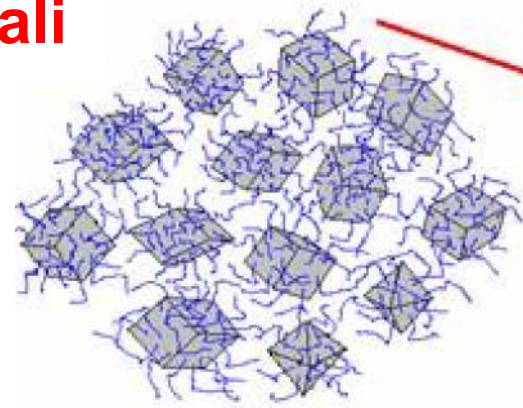
- ▣ Upotreba surfaktanata – “capping” agents
- ▣ Dvofazni sistemi (polarni – nepolarni rastvarač/nepolarni kompleks) (voda – etanol – toluen(oleinska kiseline))
- ▣ Kompleks metala sa “capping” agensom – molekularni prekursor
- ▣ Reakcija hidrolize - solvolize na granici faza
- ▣ Simultano oblaganje nanokristala surfaktantom – pasivizacija površine
- ▣ Osnove prilikom postavke sinteze
  - ▣ Ravnoteža na datim vrednostima pH
  - ▣ Formiranje intermedijernih faza i sporednih produkata



**hidrofobni nanokristali**

**alkil terminisani**

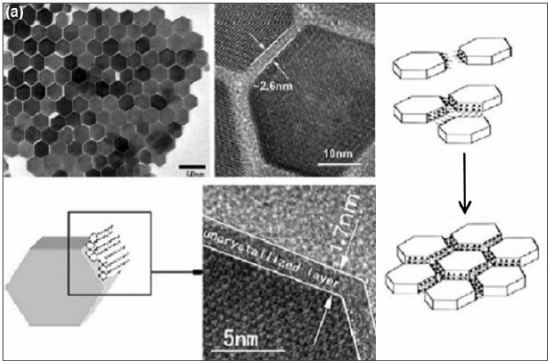
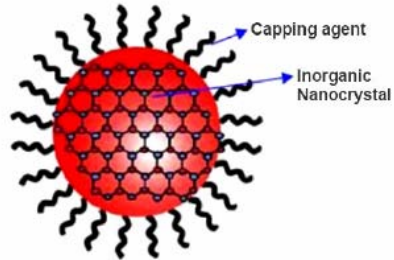
**nanokristali**



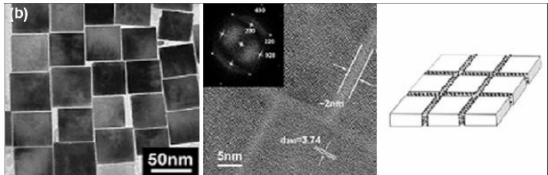
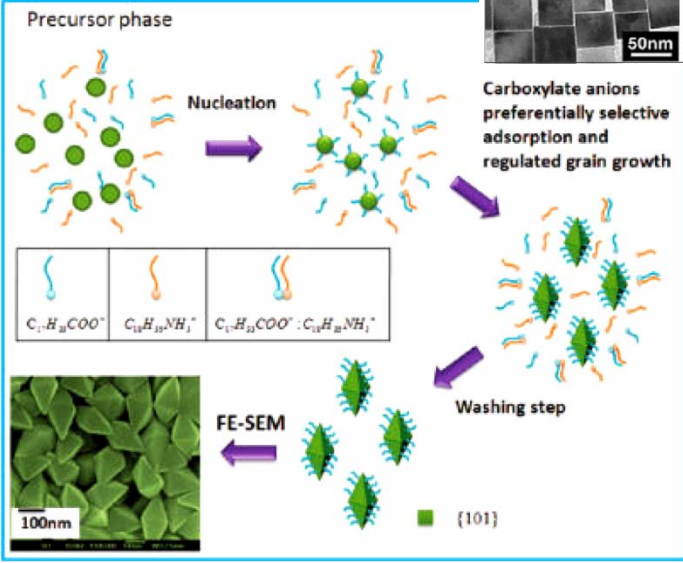


# Metodologija eksperimentalnog rada

## Neselektivna adsorpcija

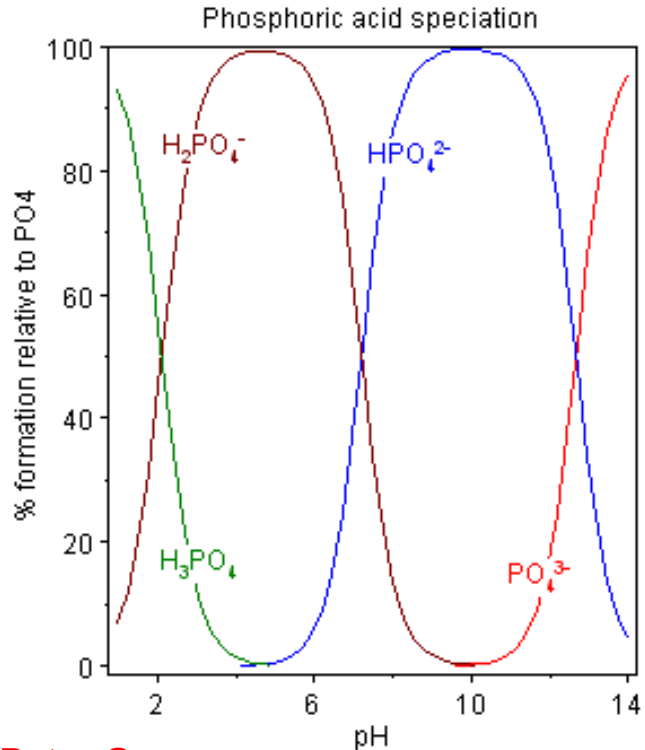


THANH-DINH NGUYEN  
PhD thesis



<-Selektivna  
adsorpcija

## Zašto je bitno?



Peter Gans  
Wikipedia - Phosphates



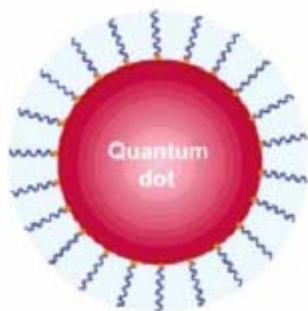




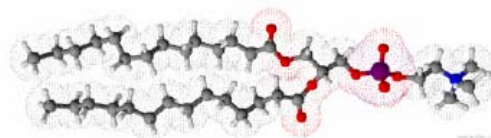
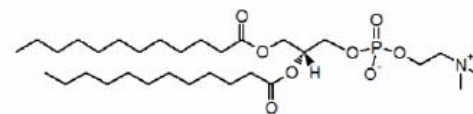
# Metodologija eksperimentalnog rada

24

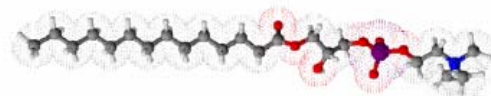
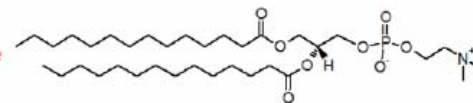
## ▣ Priprema hidrofилnih organsko – neogranskih čestica



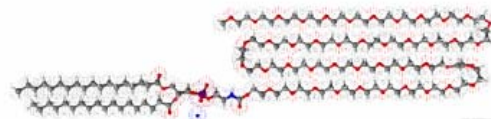
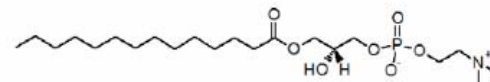
1,2-dilauroyl-sn-glycero-3-phosphocholine  
DLPC



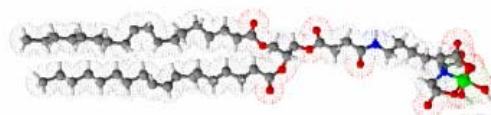
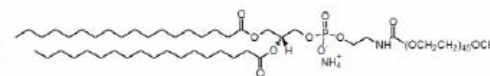
1,2-dimyristoyl-sn-glycero-3-phosphocholine  
DMPC



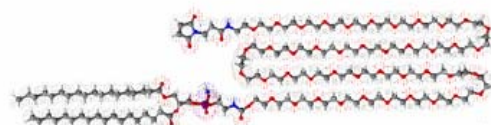
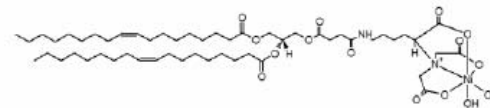
1-myristoyl-2-hydroxy-sn-glycero-3-phosphocholine  
MHCP



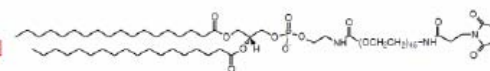
1,2-distearoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine-N-[methoxy(polyethylene glycol)-2000] amonijum so  
DSPE-PEG2000 Metoksi



1,2-dioleoyl-sn-glycero-3-[(N-(5-amino-1-carboxypentyl)iminodiacetic acid)succinyl] so nika  
DGS-NTA(Ni)



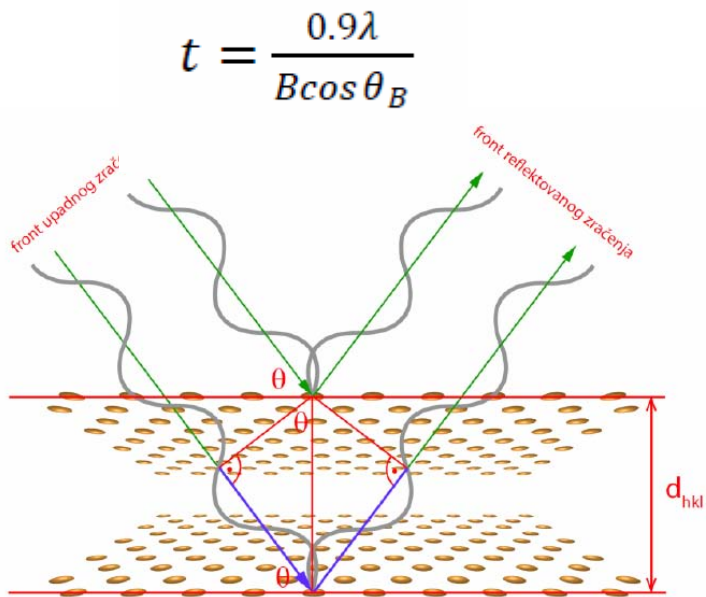
1,2-distearoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine-N-[maleimide(polyethylene glycol)-2000] amonijum so  
DSPE-PEG2000 Maleimid



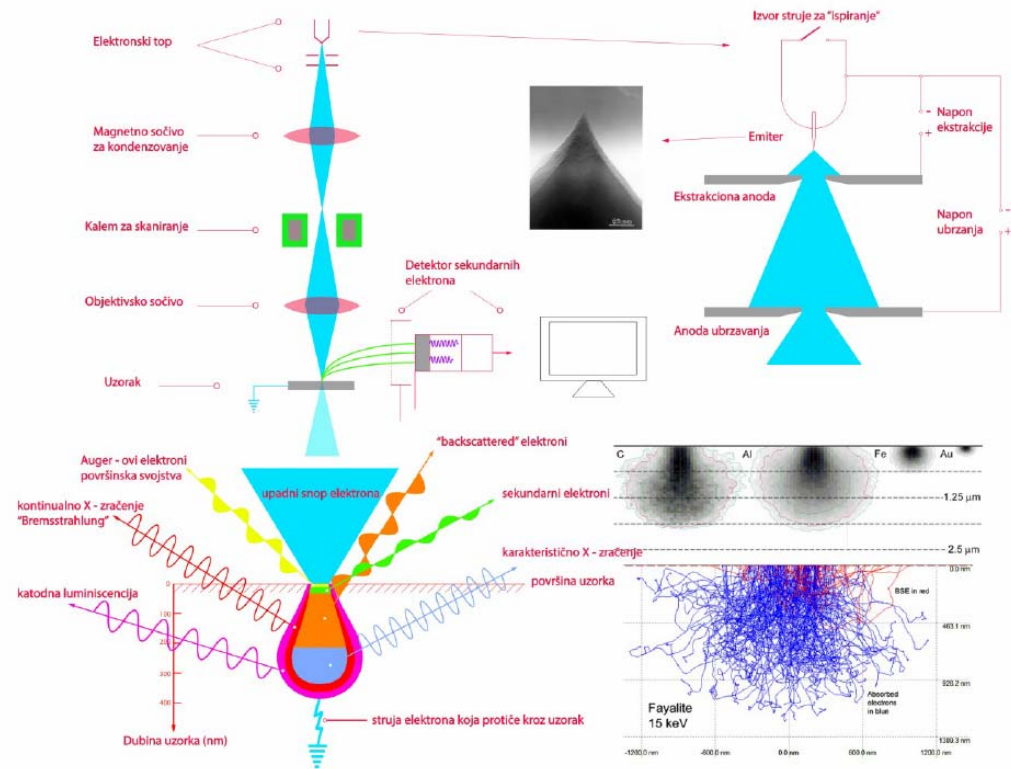
# Metodologija eksperimentalnog rada

25

## Metode karakterizacije kristalnih prahova i nanočestica



**Rendgenska difrakcija na prahu**  
**PW 1050; Bruker Endeavor**  
**CuK $\alpha$  zračenje**



**Skenirajuća elektronska**  
**mikroskopija**

**FE SUPRA 35VP; MIRA3**

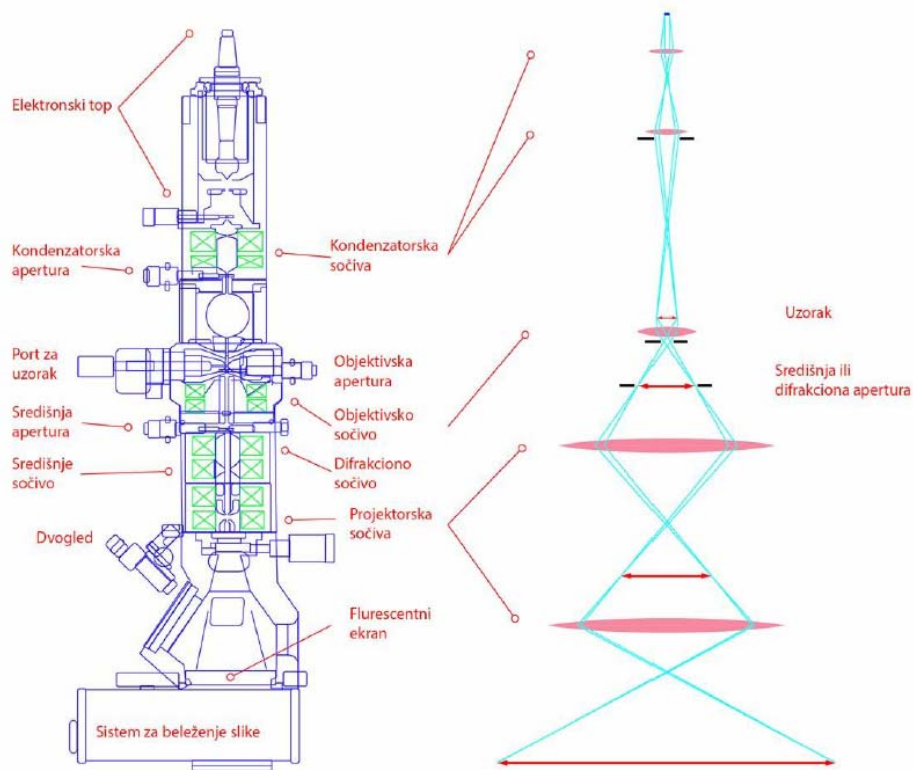
# Metodologija eksperimentalnog rada

26

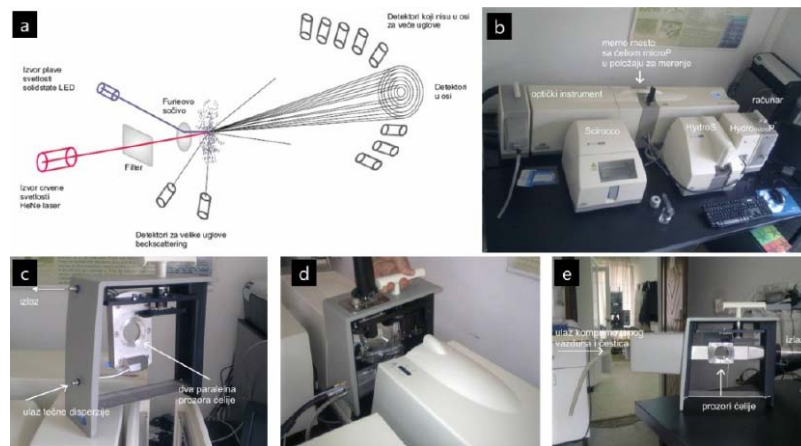
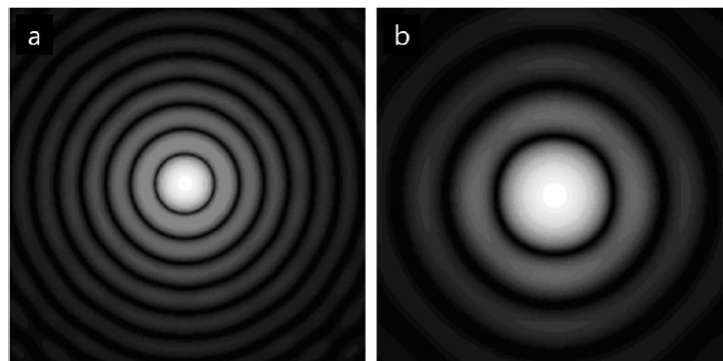
## Metode karakterizacije kristalnih prahova i nanočestica

Transmisiona elektronska mikroskopija

Jeol TEM 2100 i Technai FEI G2 F20 Cryo



LD Mastersizer 2000





# Metodologija eksperimentalnog rada

27

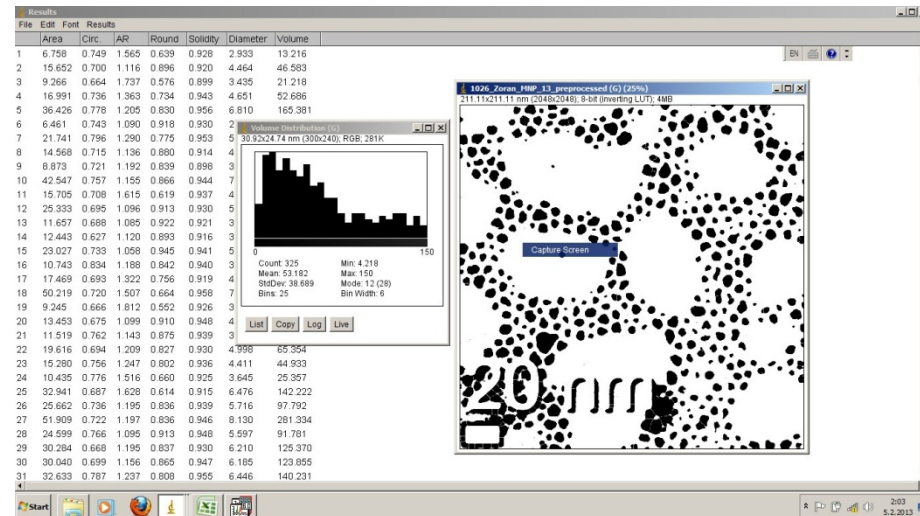
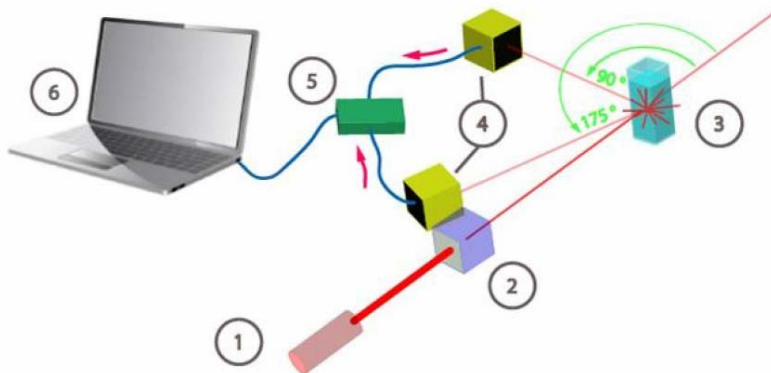
## Metode karakterizacije kristalnih prahova i nanočestica

Analiza slike ImageJ program  
Particle Size Analyzer Macro

Dinamičko rasejanje svetlosti

Foton-korelaciona spektroskopija

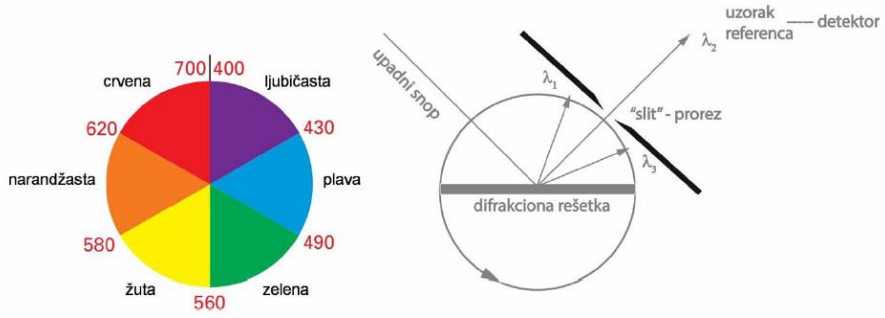
ZetaSizer Nano ZS



# Metodologija eksperimentalnog rada

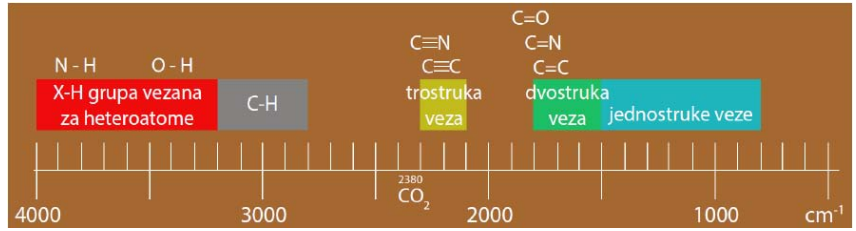
## Metode karakterizacije kristalnih prahova i nanočestica

### UV – VIS spektroskopija

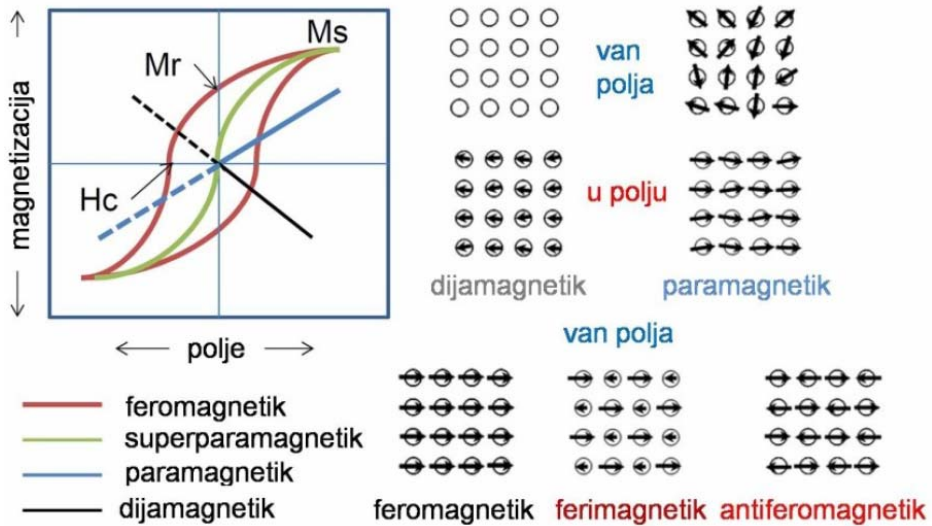


### IC spektroskopija

MIDAC M200; Thermo Mattson Infinity



### Magnetometrija sa vibrirajućim uzorkom Lake shore 7307



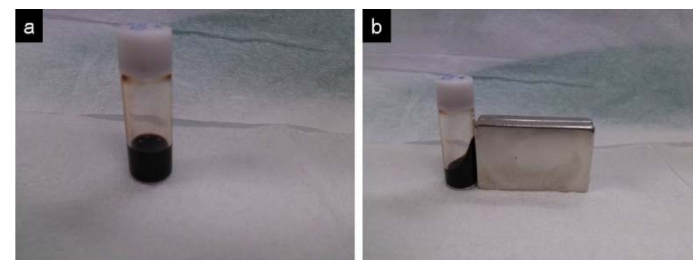
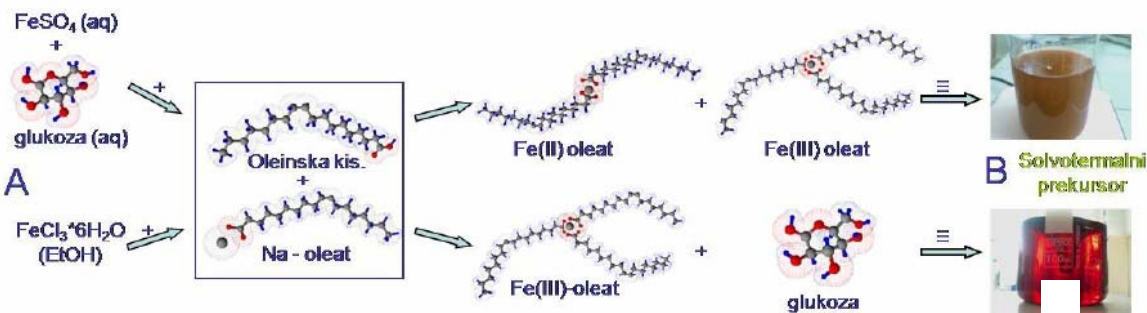
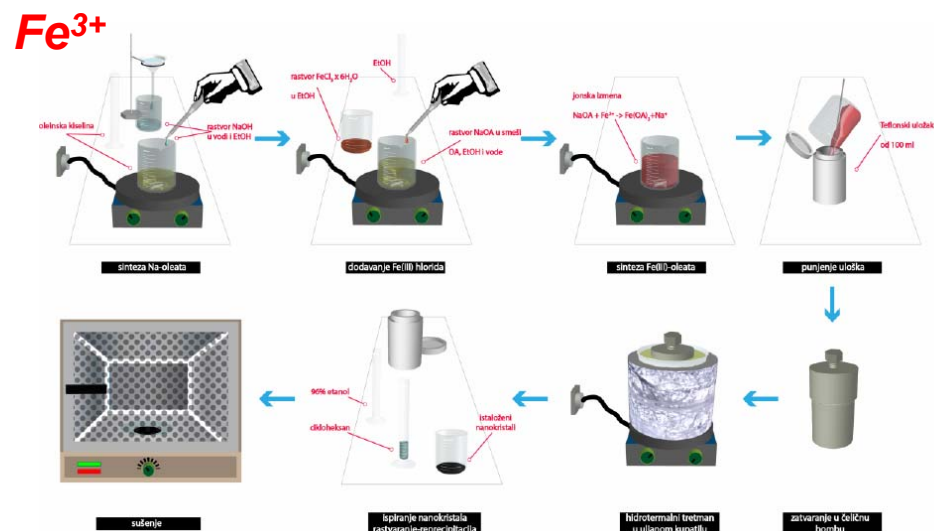
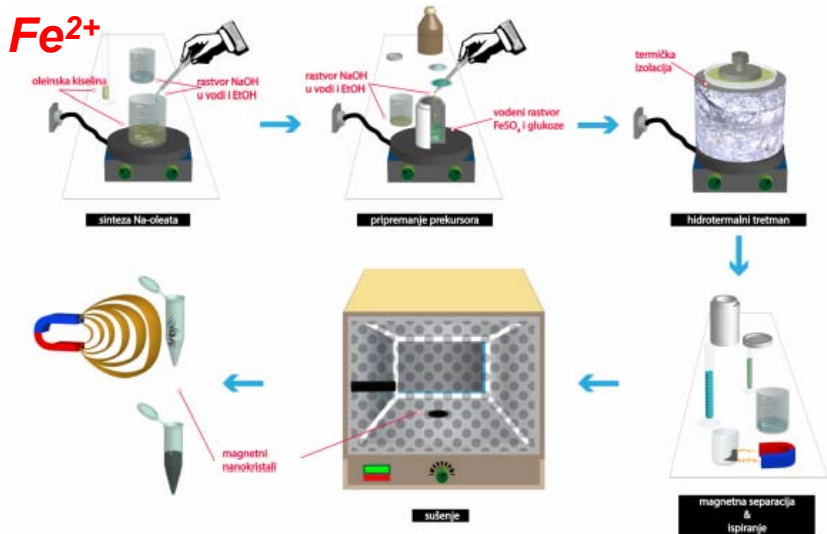




# Rezultati i diskusija

30

## Postupak sinteze hidrofobnih magnetnih nanokristala



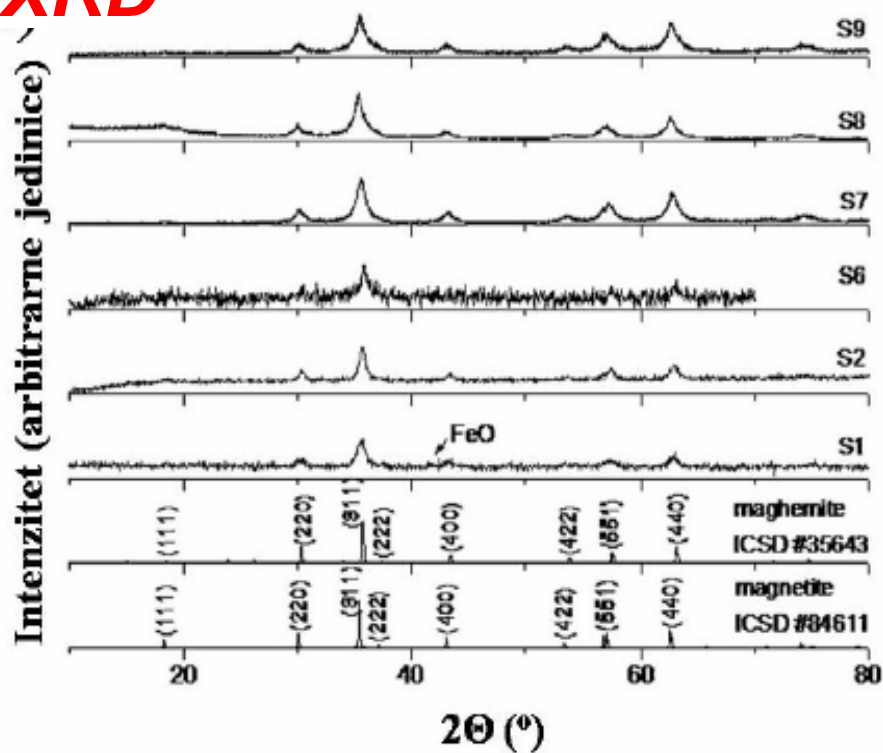
Disperzija magnetnih nanokristala u heksanu 100 mg/ml

# Rezultati i diskusija

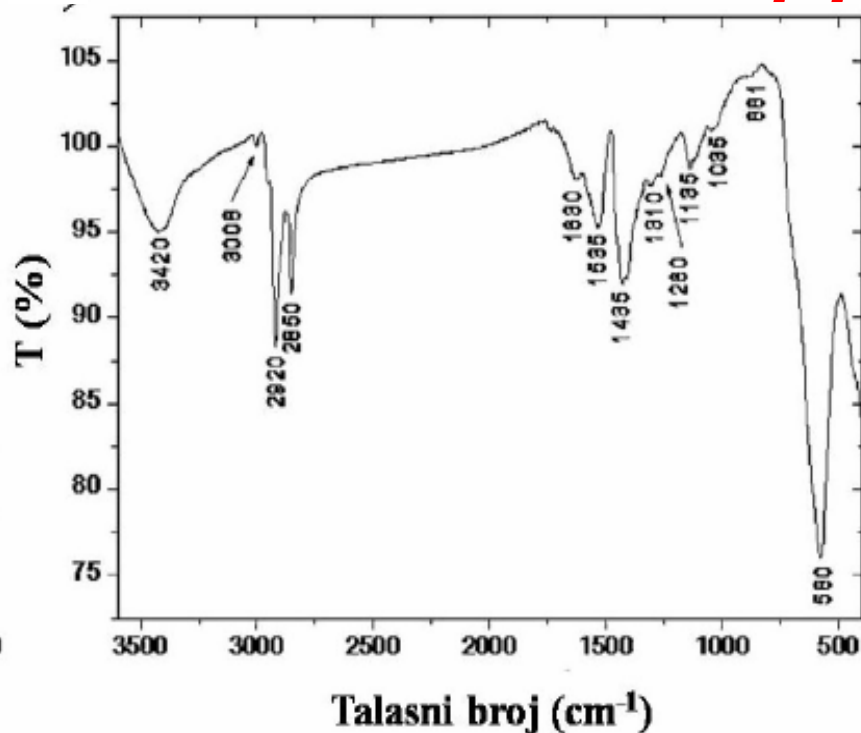
31

## Hidrofobni magnetni nanokristali - karakterizacija

### XRD



### FTIR

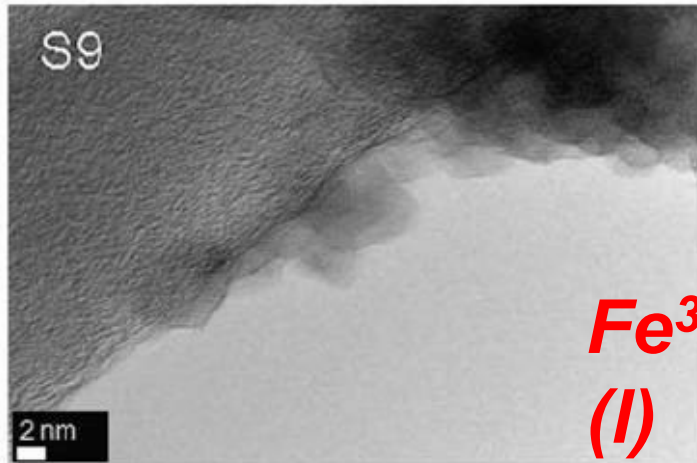
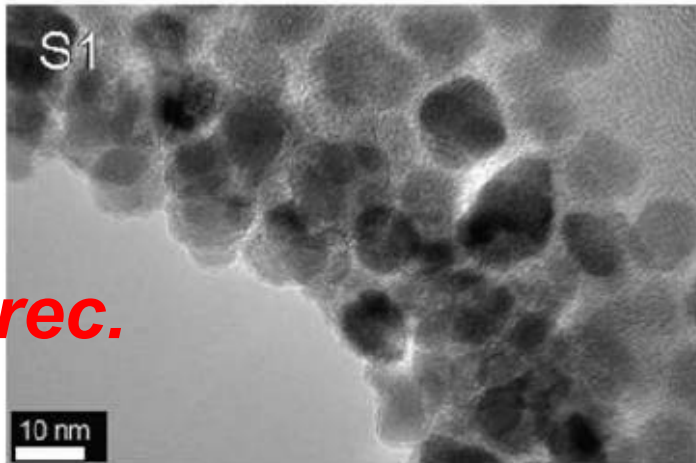
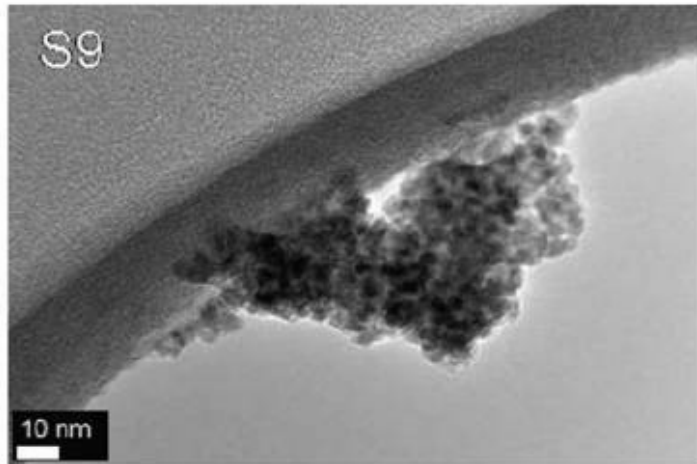
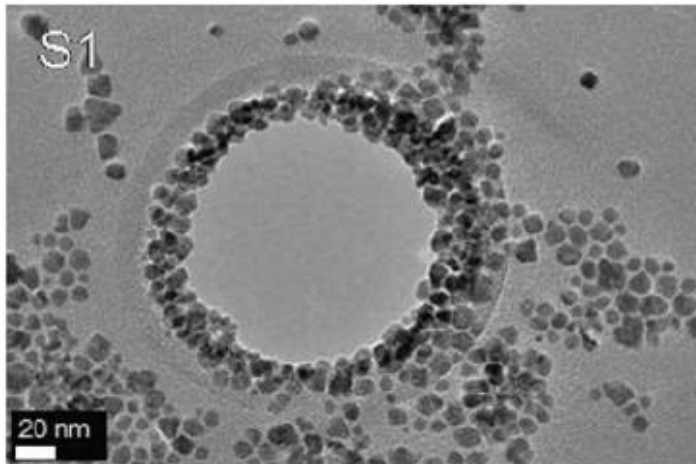


Odsustvo trake na  $1710\text{ cm}^{-1}$ ,  $1535\text{ cm}^{-1}$  i  $1435\text{ cm}^{-1}$  asimetričnim i simetričnim vibracijama  $-\text{COO}^-$  koordinaciona veza između  $\text{COO}^-$  grupa i Fe atoma

# Rezultati i diskusija

32

## ▣ Hidrofobni magnetni nanokristali – TEM analiza



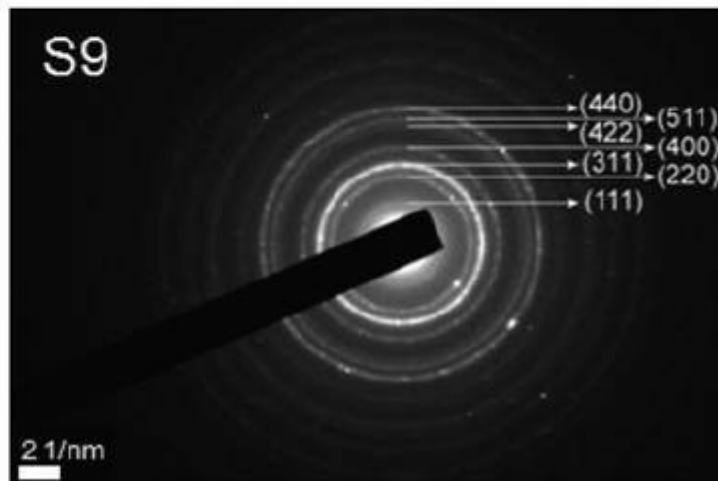
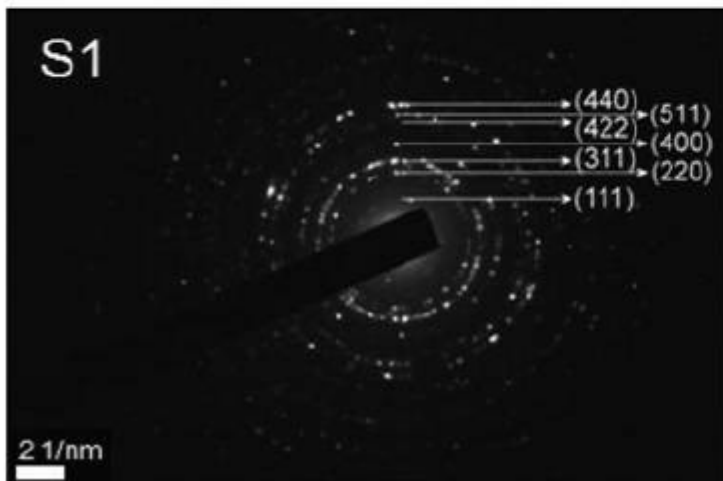
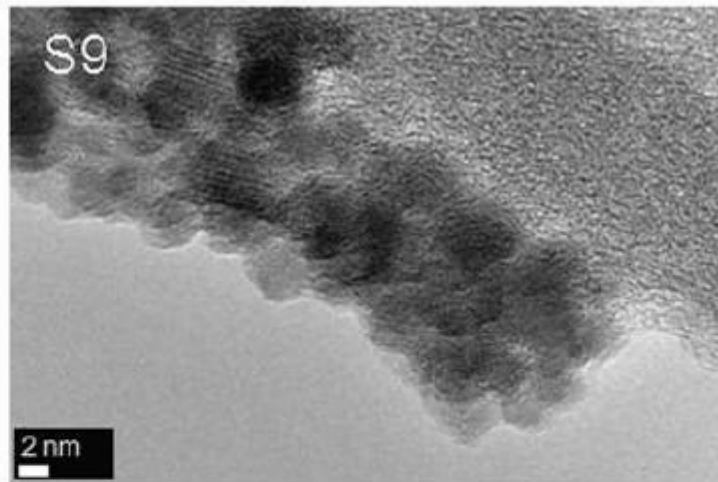
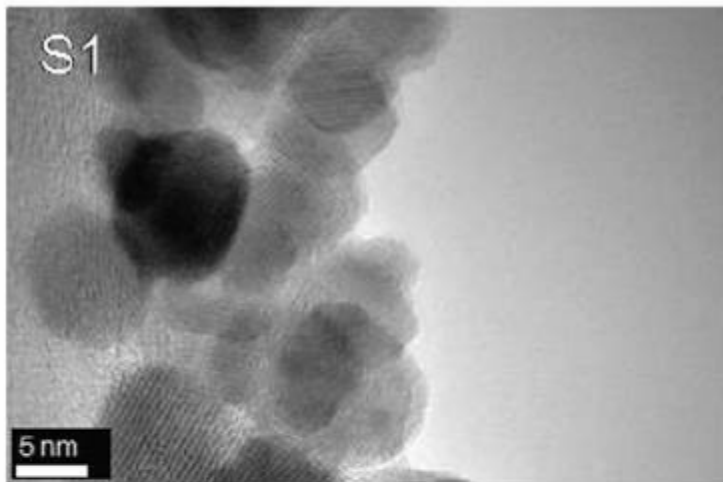
$Fe^{2+}$  prec.  
(s)

$Fe^{3+}$  prec.  
(l)

# Rezultati i diskusija

33

## ▣ Hidrofobni magnetni nanokristali – TEM analiza

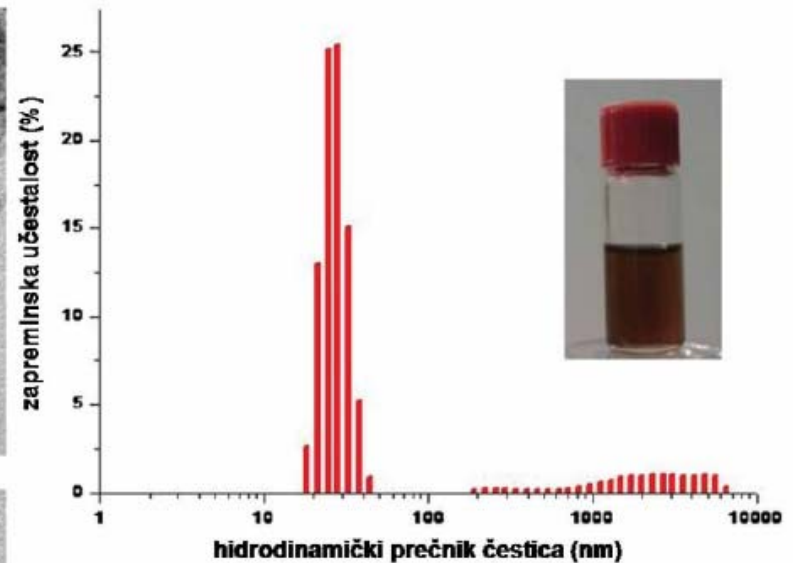
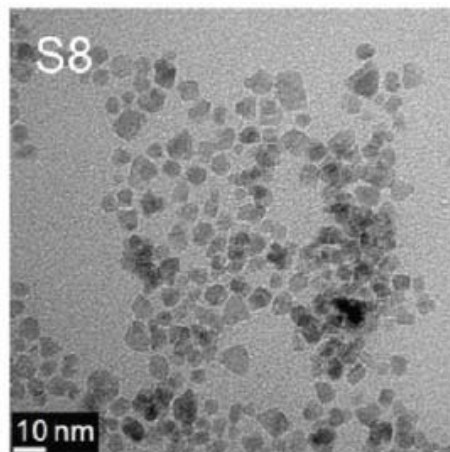
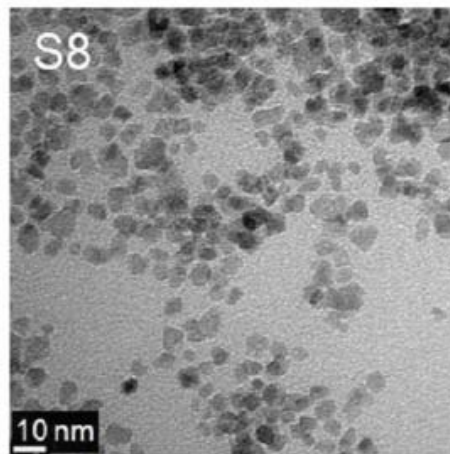


# Rezultati i diskusija

34

## ▣ Hidrofobni magnetni nanokristali – DLS & IA

340 nanokristala  
uzorka S8  
sa TEM  
fotografija  
je  $6 \text{ nm} \pm 2 \text{ nm}$



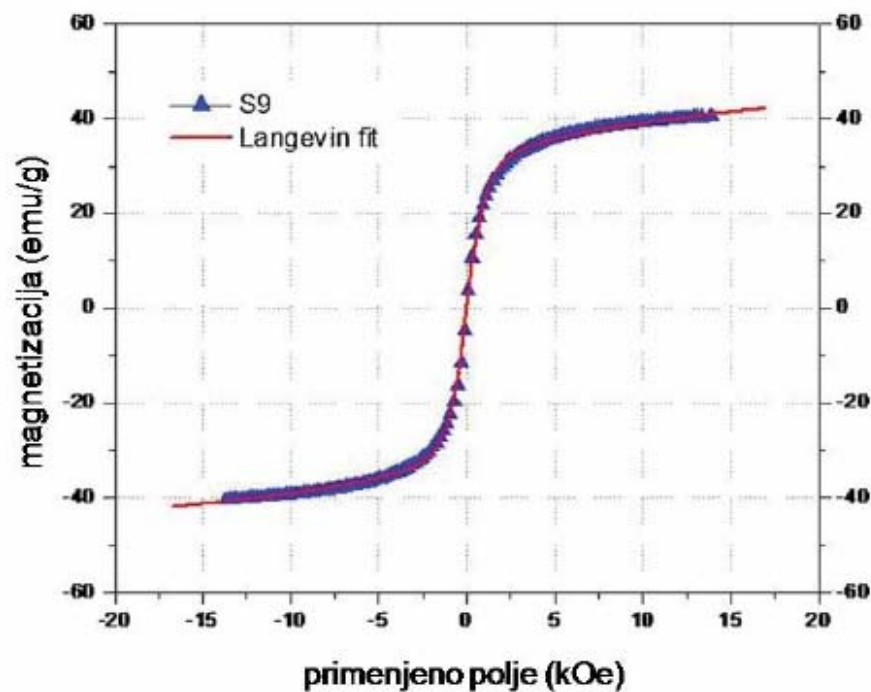
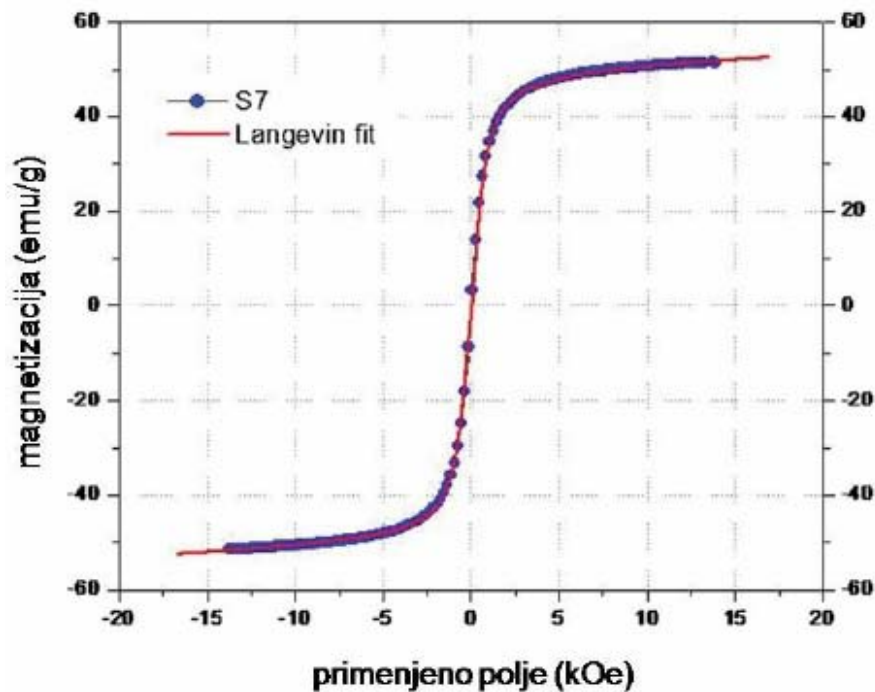
	maks. 1	maks. 2	maks. 3
veličina (nm)	27,22	277,4	2247
zapremina (%)	86,3	1	9,7
širina (nm)	5,019	76,01	1034
mol. masa (kDa)	1510	346000	4,62E+07
širina (kDa)	29	16700	7,52E+6



# Rezultati i diskusija

35

## ▣ Hidrofobni magnetni nanokristali – VSM magnetometrija



	Šerer	Lanževen
S7	6.1(2) nm	4.4 nm
S9	5.2(2) nm	4 nm

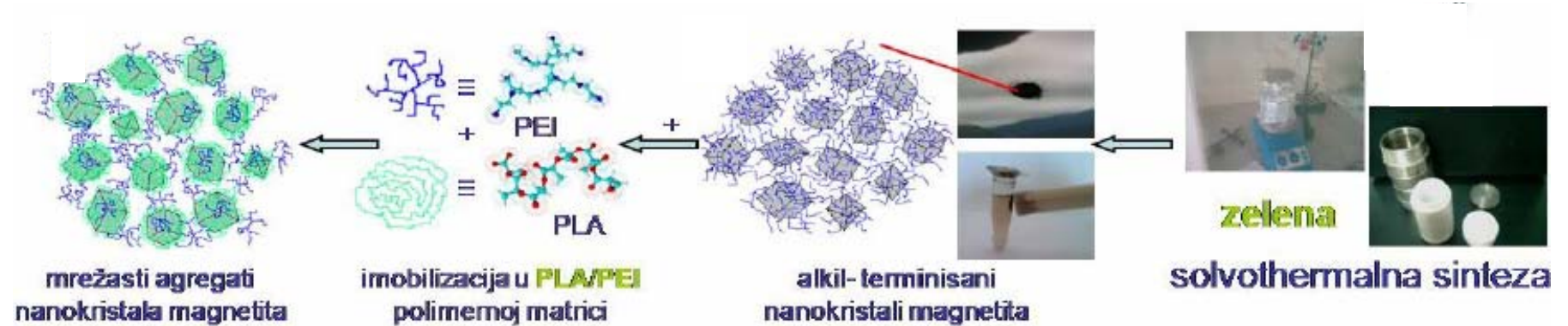
$$M = M_S \cdot L\left(\frac{m_p H}{k_B T}\right) + \chi H$$

**Slaganje vrednosti za veličinu kristalita određenih sa tri različite metode pokazuje da je glavna magnetna faza u uzorcima magnetit – saturacija magnetizacije**

# Rezultati i diskusija

36

## ▣ Priprema poli(L-laktid):poli(etilenimin)/magnetit nanočestica

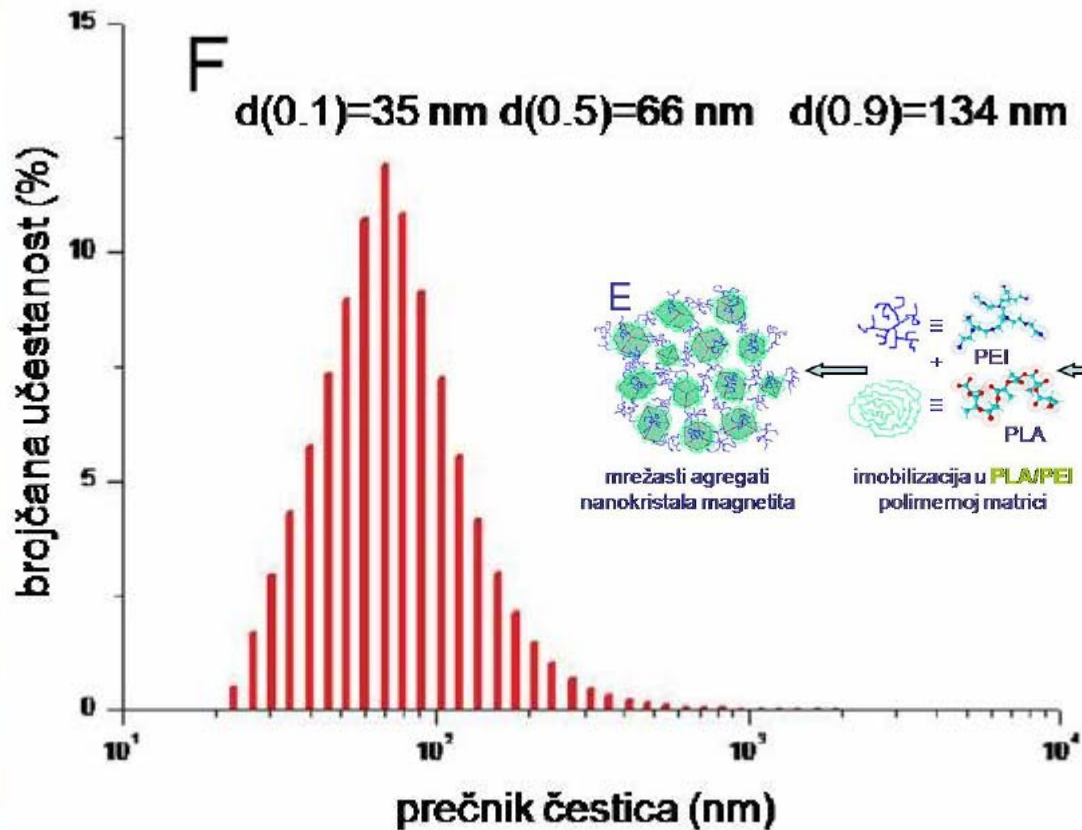




# Rezultati i diskusija

37

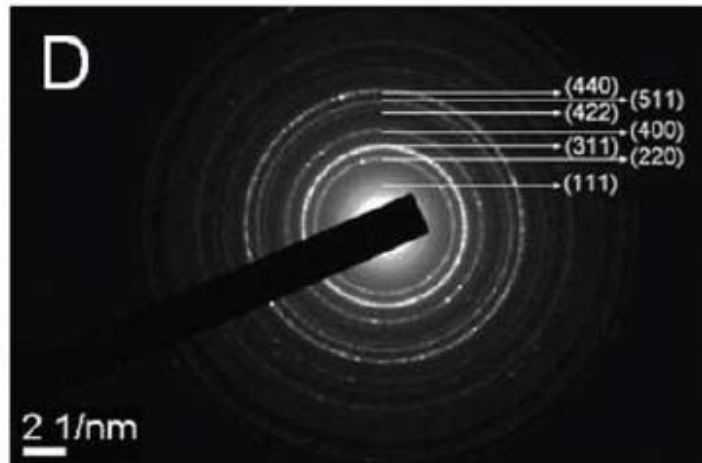
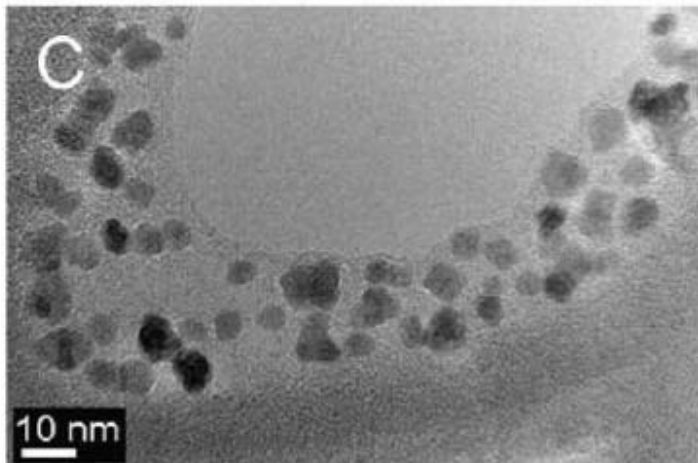
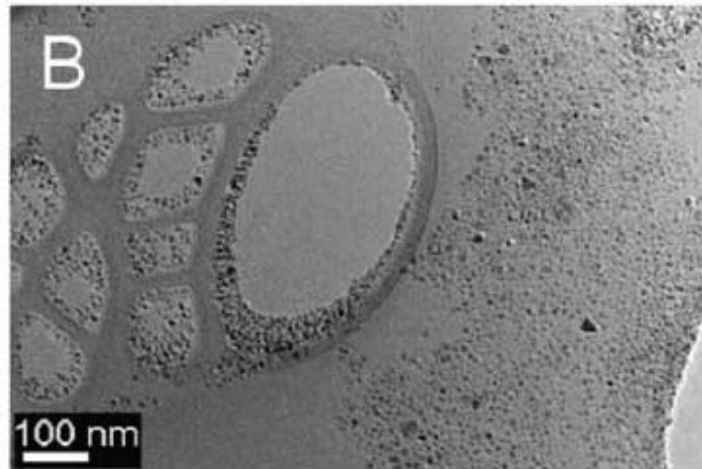
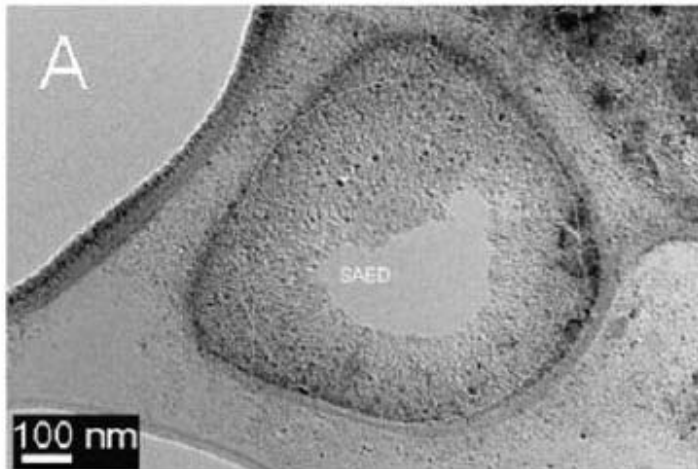
## ▣ Hidrofilne poli(L-laktid):poli(etilenimin)/magnetit nanočestice



# Rezultati i diskusija

38

## ▣ Hidrofilne poli(L-laktid):poli(etilenimin)/magnetit nanočestice



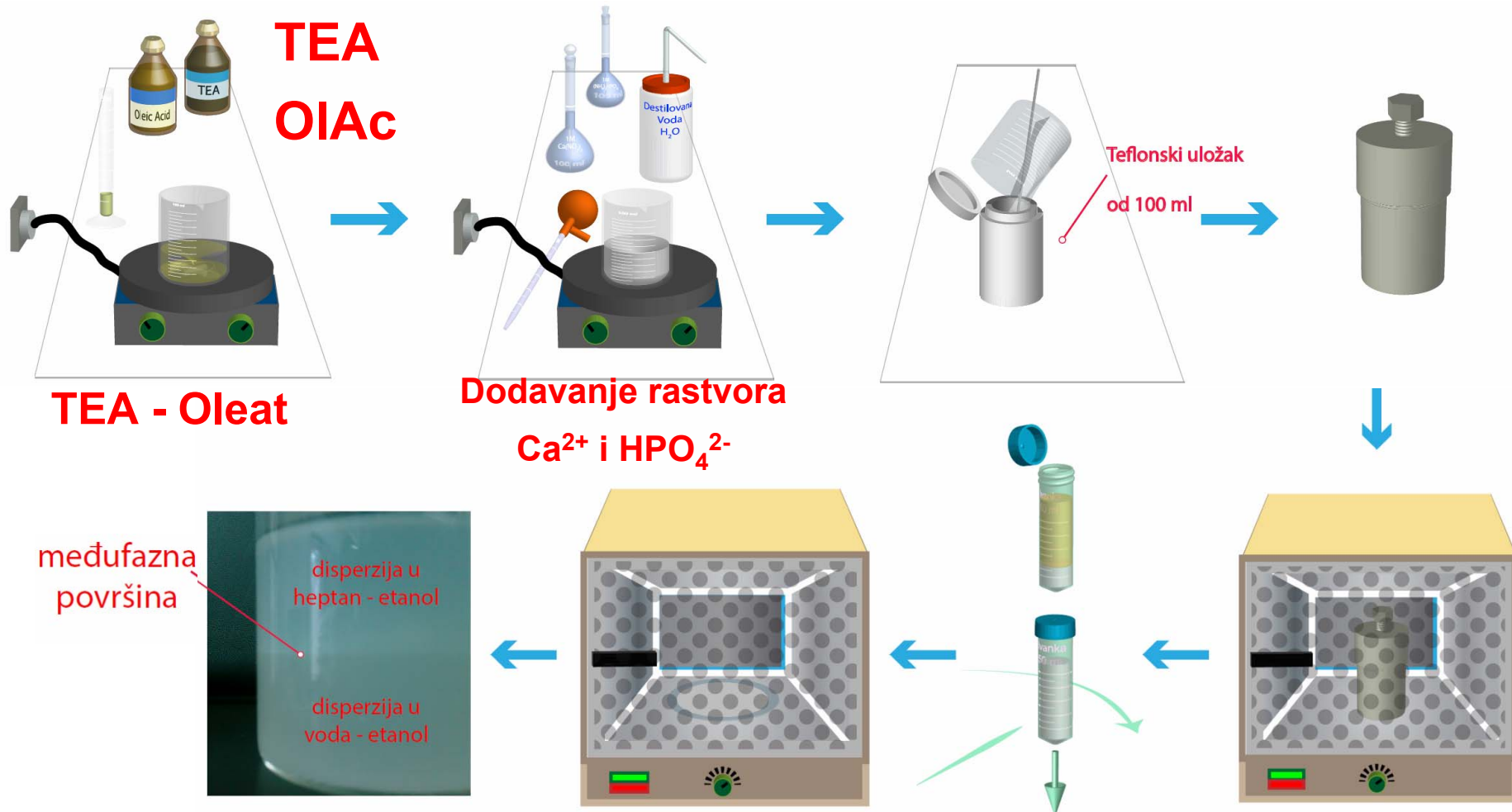
PEI adhezivna svojstva  
i protonski suđer

PLA ambifilni polimer  
mogućnost  
enkapsulacije  
hidrofobnih supstanci

# Rezultati i diskusija

39

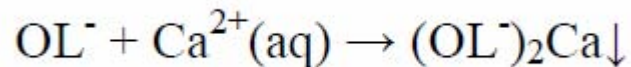
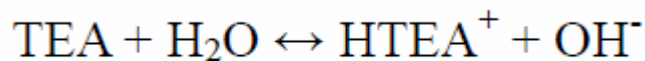
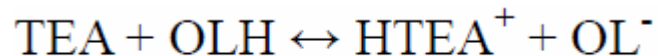
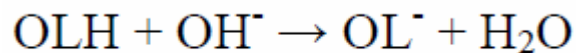
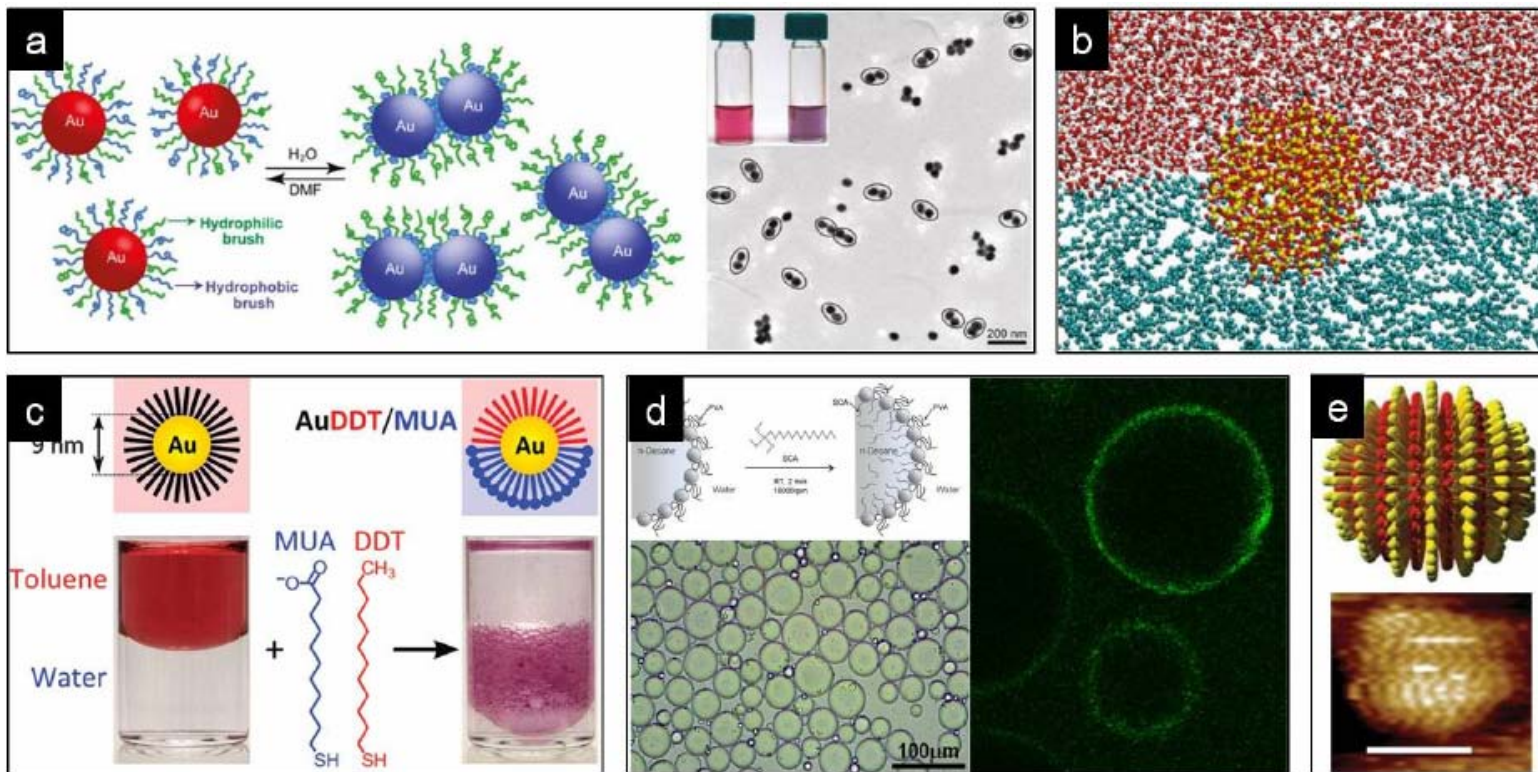
## Sinteza ambifilnih čestica HAp u dvofaznom sistemu



# Rezultati i diskusija

40

## Ambifilne čestice – dvostruka polarnost

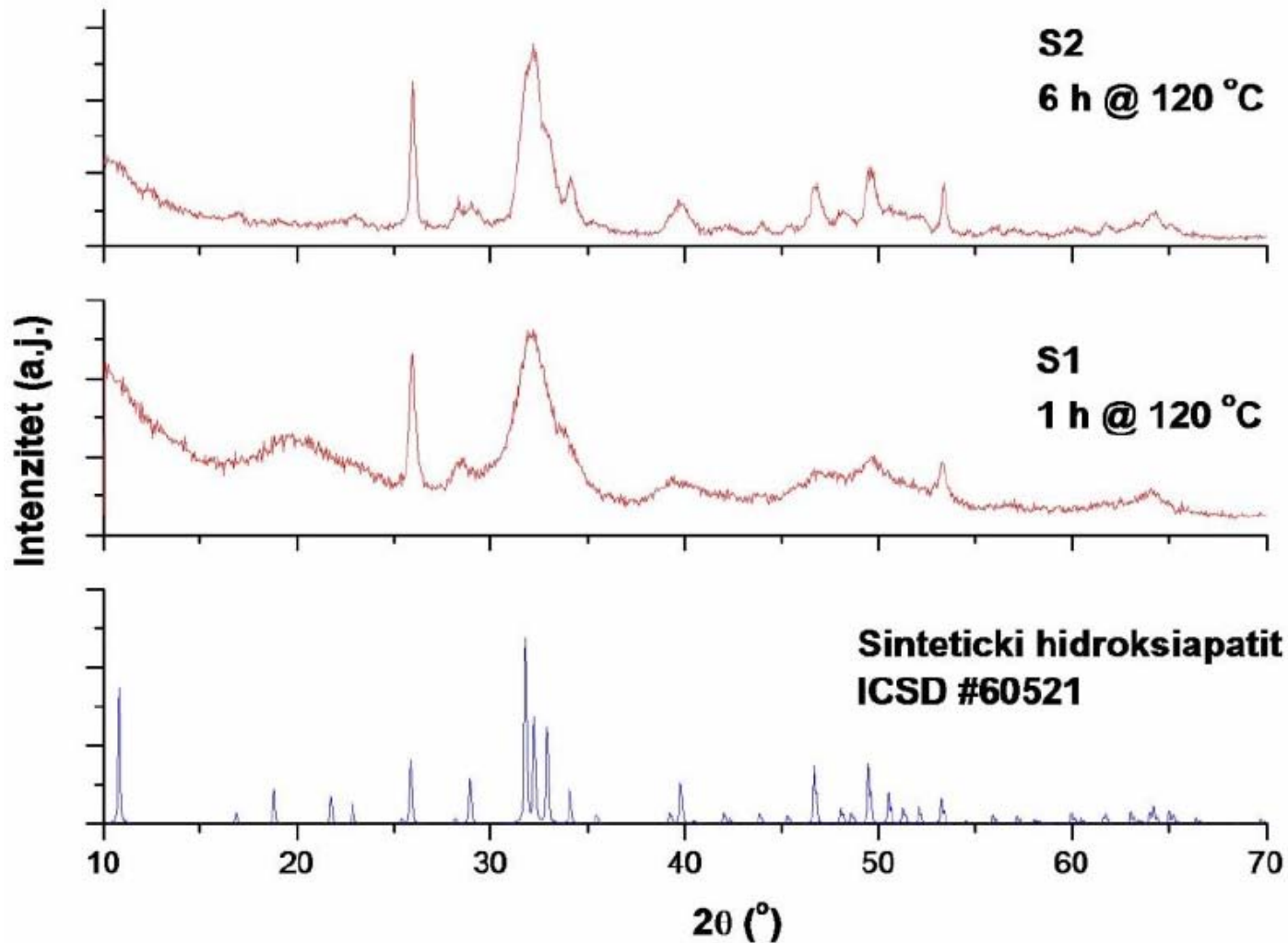




# Rezultati i diskusija

41

## ▣ Ambifilne čestice hidroksiapatita

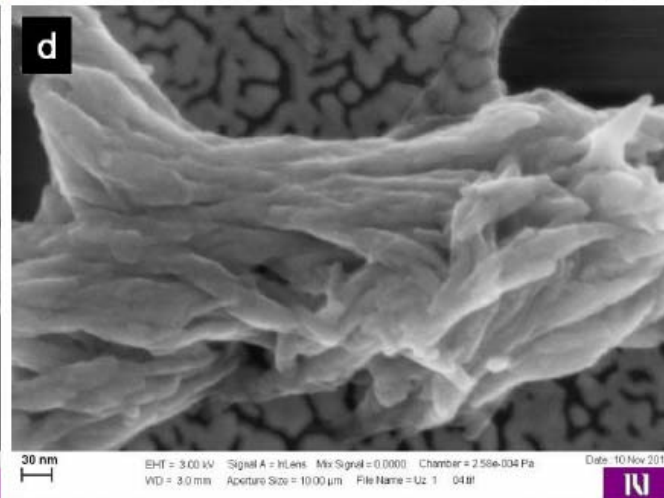
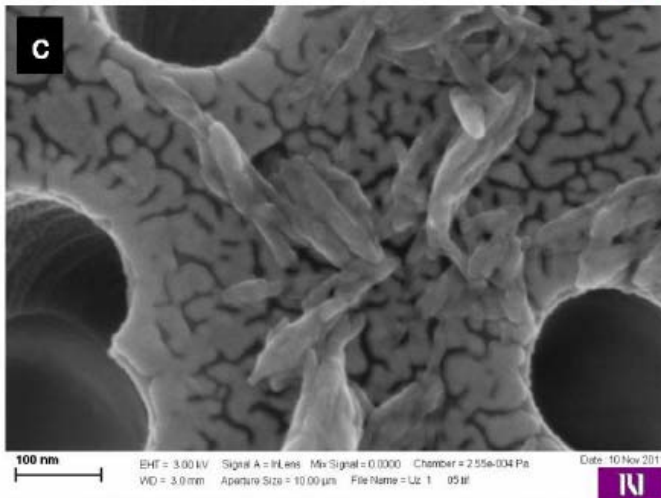
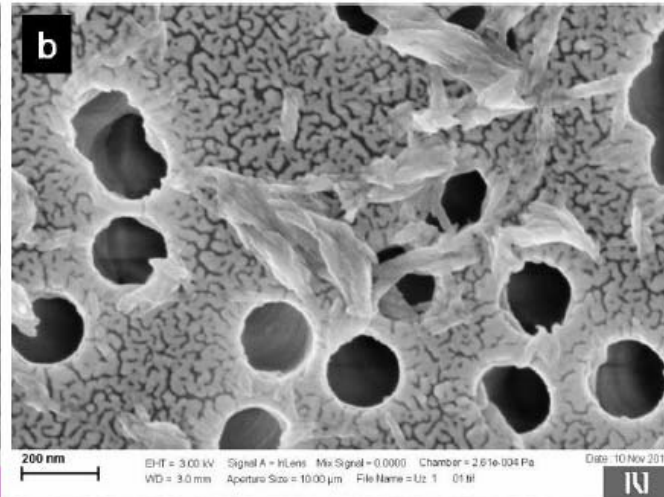
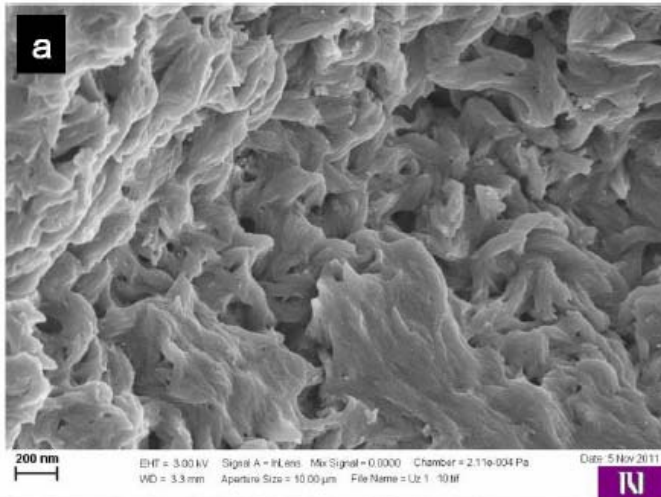




# Rezultati i diskusija

42

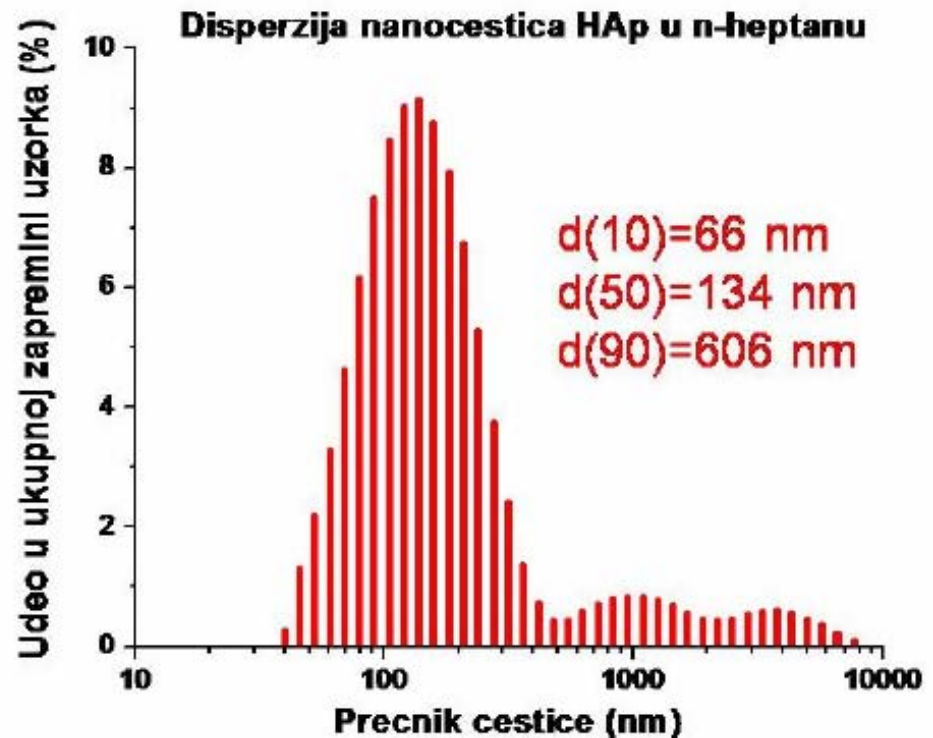
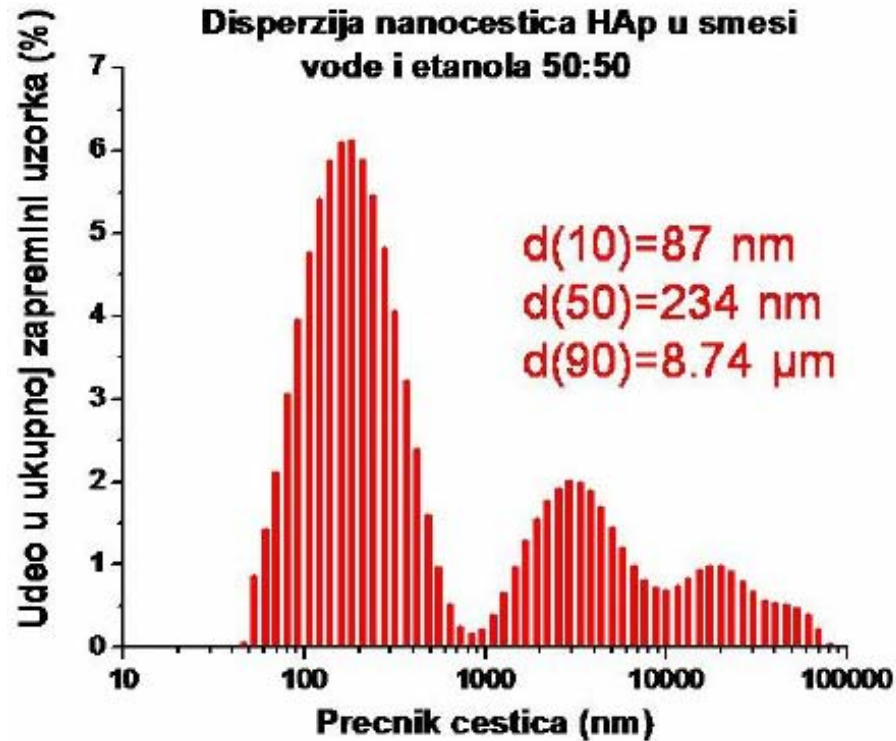
## ▣ Ambifilne čestice hidroksiapatita – SEM analiza



# Rezultati i diskusija

43

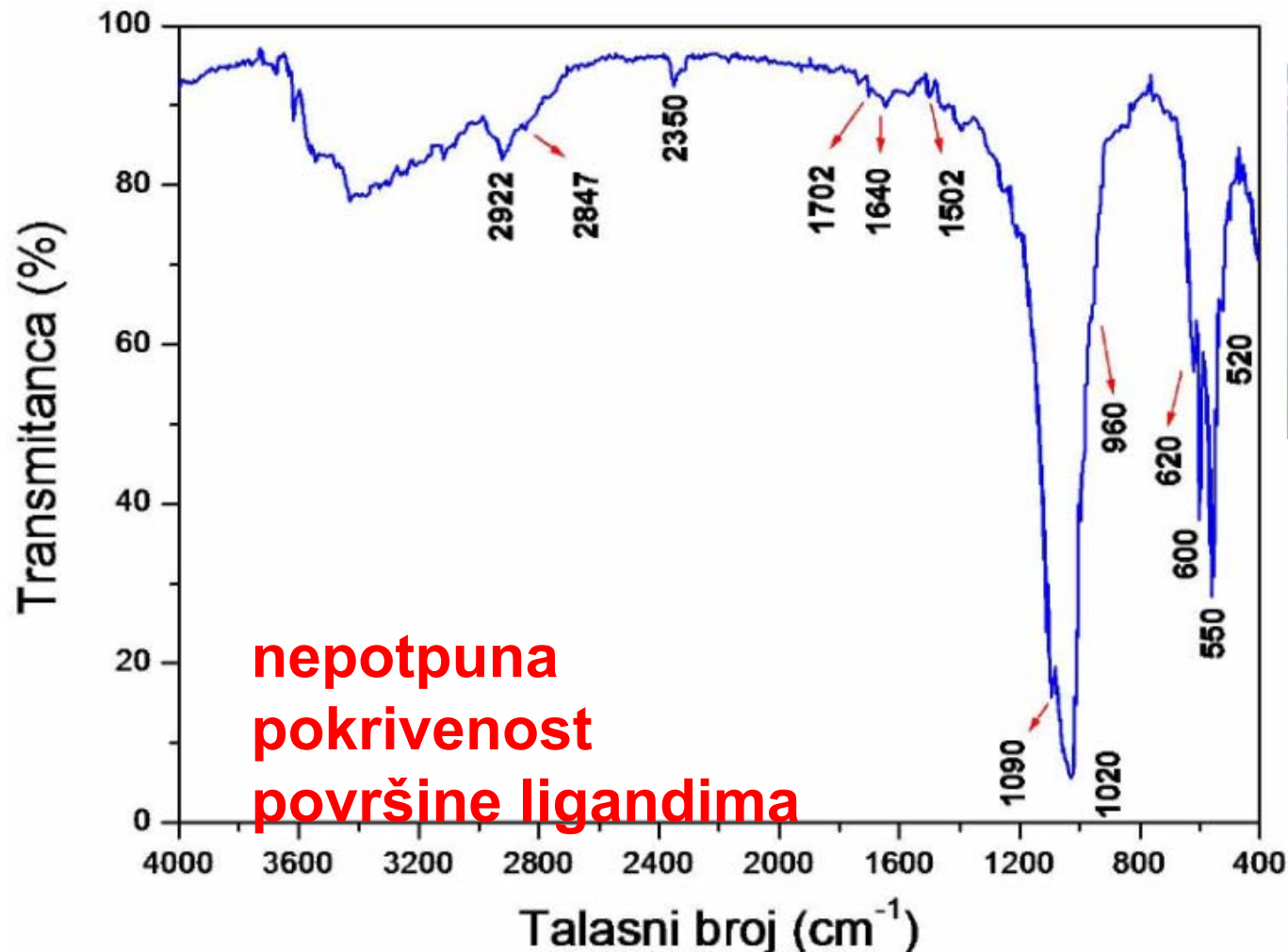
## ▣ Ambifilne čestice hidroksiapatita – LD



# Rezultati i diskusija

44

## ▣ Ambifilne čestice hidroksiapatita – FTIR



## Pikeringove emulzije



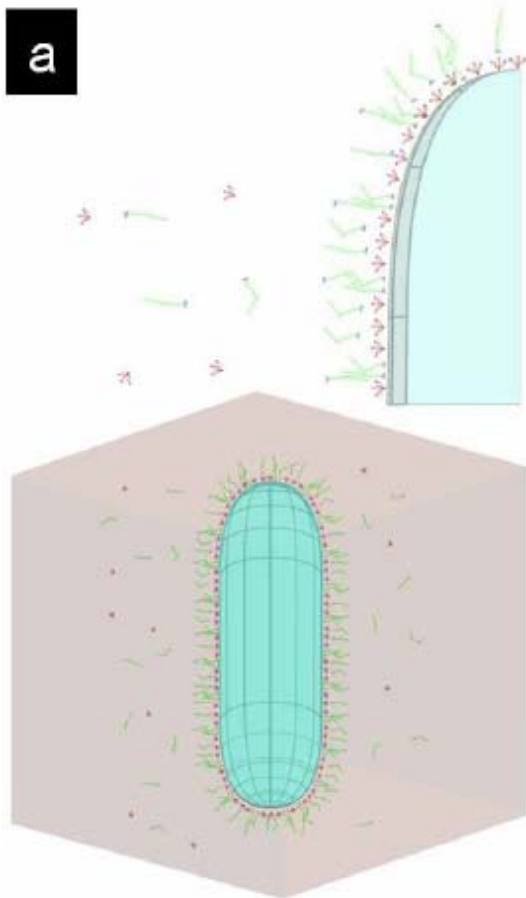
stabilne emulzije  
koloidozomi



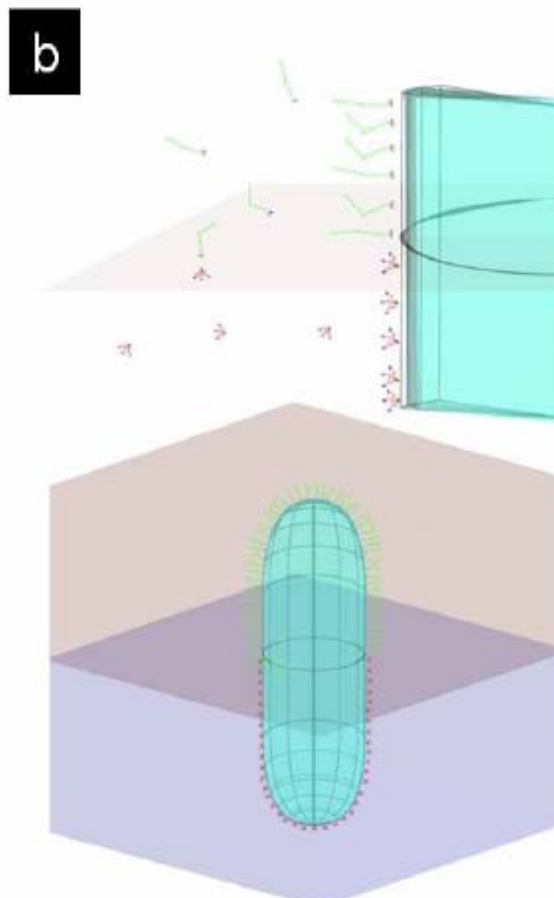
# Rezultati i diskusija

45

## ▣ Ambifilne čestice hidroksiapatita – Pikeringove emulzije



Disperzija nanočestica HAp u cikloheksanu  
dinamičko vezivanje liganada na površini



Preraspodela liganada u dvfaznom sistemu  
rastvarača voda - cikloheksan



Kapljica stabilisana ambifilnim česticama  
HAp

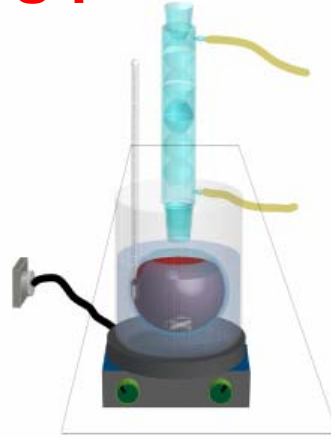
# Rezultati i diskusija

46

## ▣ Sinteza molekuskog prekursora kompl. Fe(III)



sinteza Na-oleata



jonska izmena



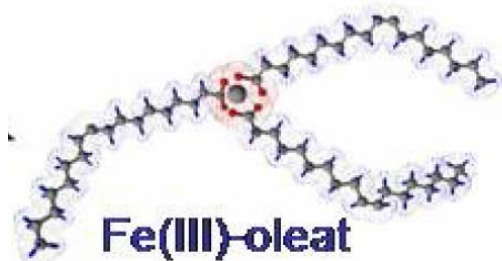
ispiranje



otparavanje rastv.



sušenje vak.



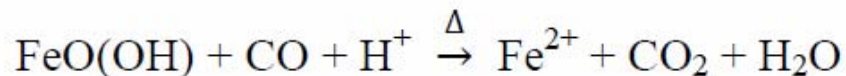
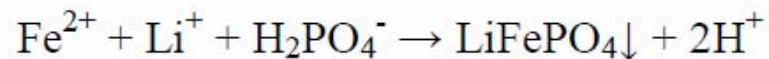
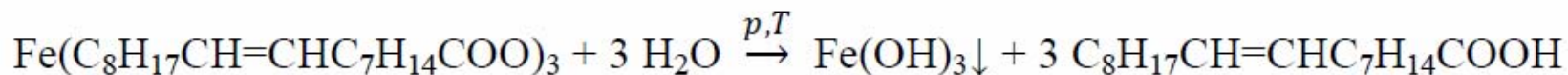
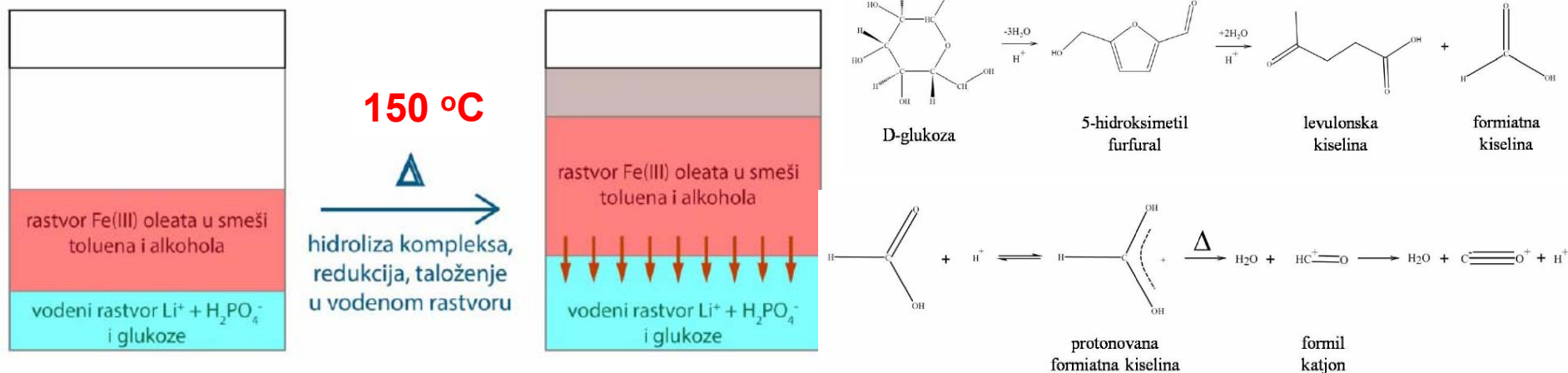
Fe(III) oleat



# Rezultati i diskusija

47

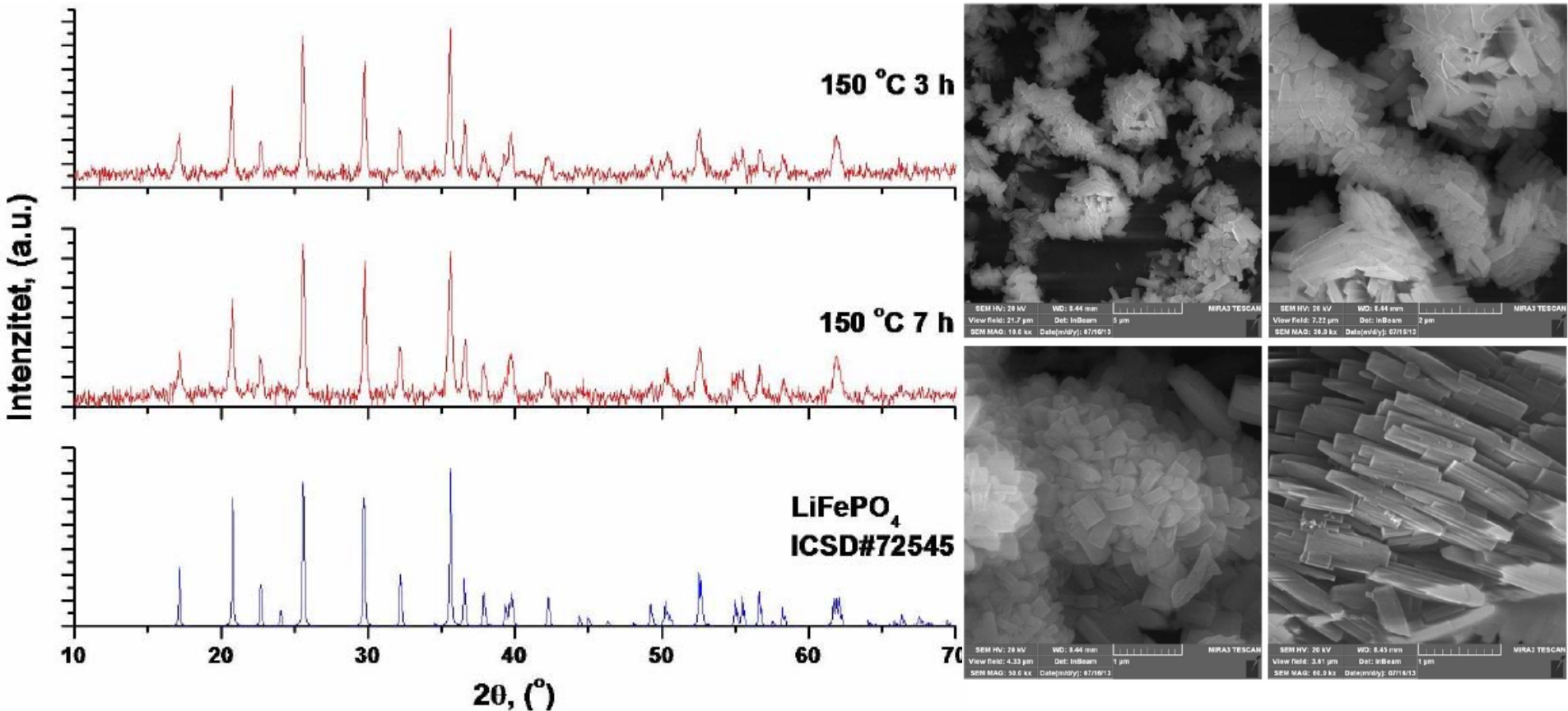
## Mehanizam sinteze $\text{LiFePO}_4$ dvofaznom redukcionom metodom



# Rezultati i diskusija

48

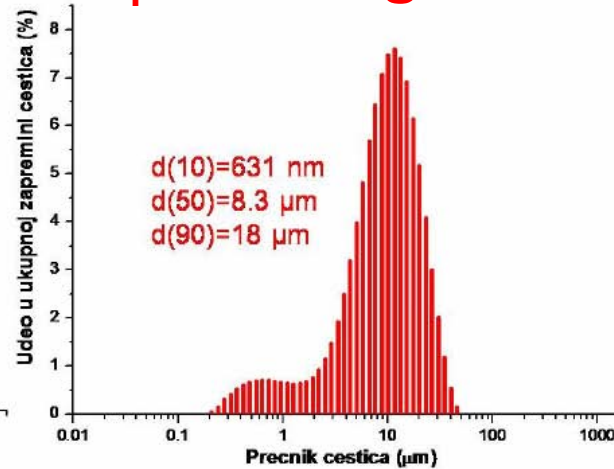
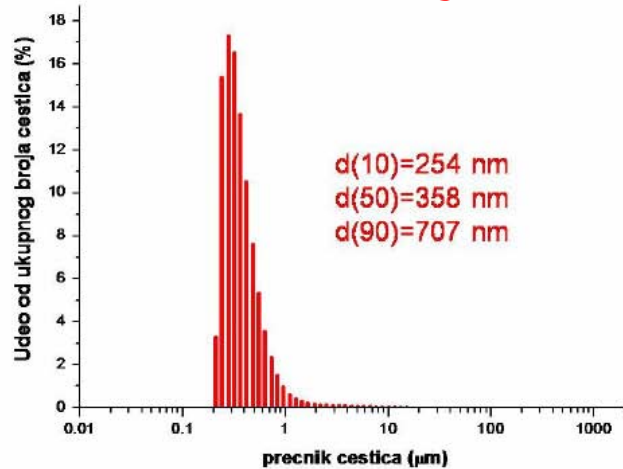
## Karakterizacija $\text{LiFePO}_4$ – XRD & FE-SEM



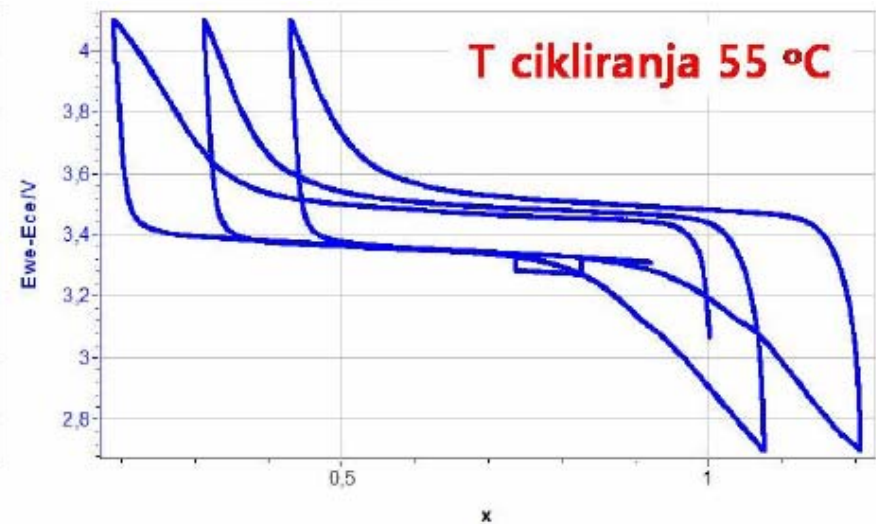
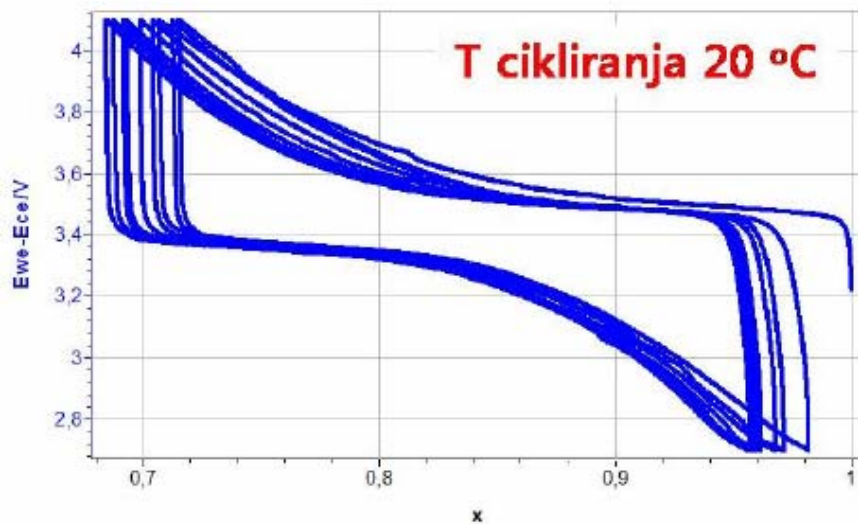
# Rezultati i diskusija

49

## ▣ Karakterizacija $\text{LiFePO}_4$ – LD & galvanostat. cikl.



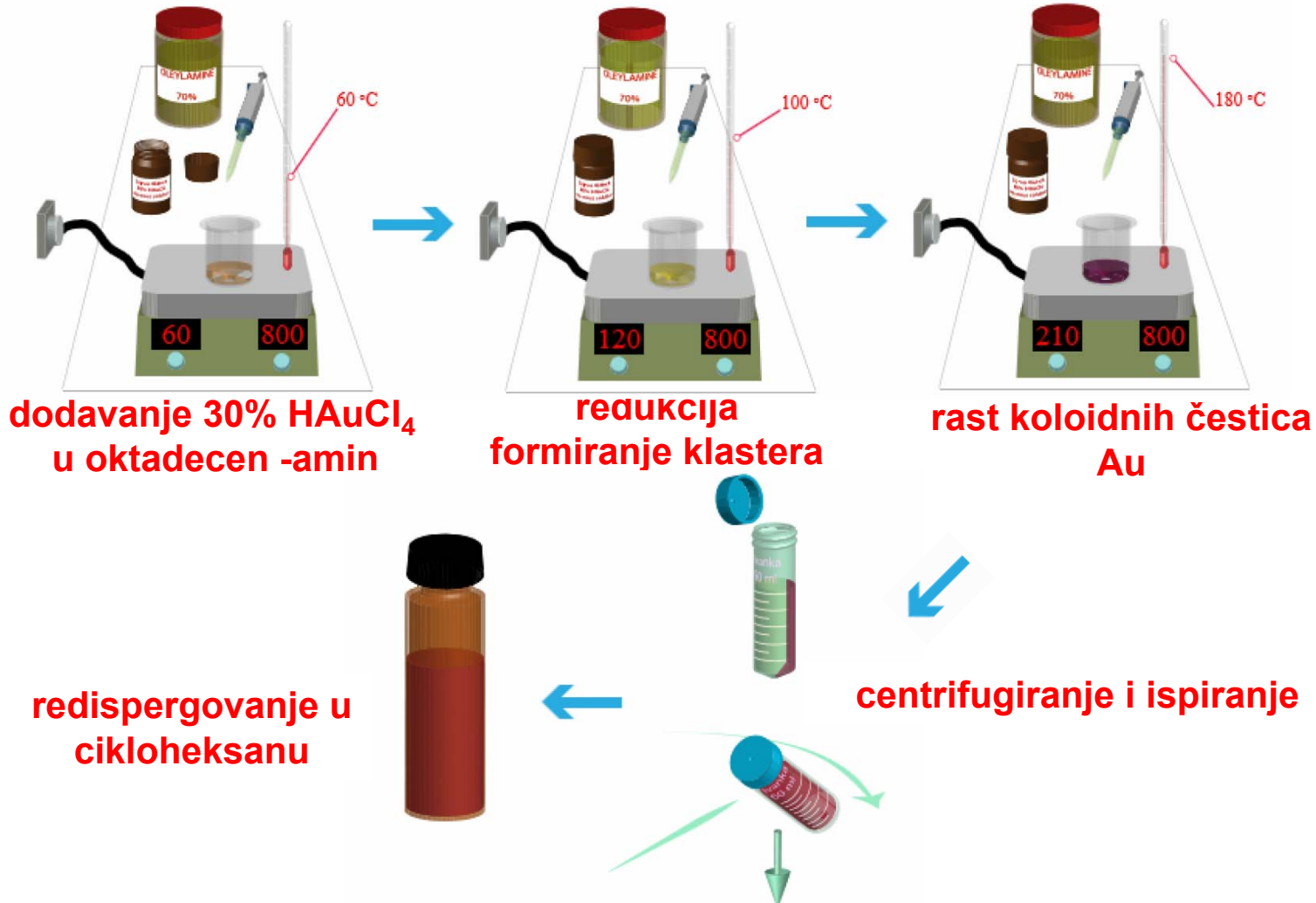
brzina cikliranja  
C/20



# Rezultati i diskusija

50

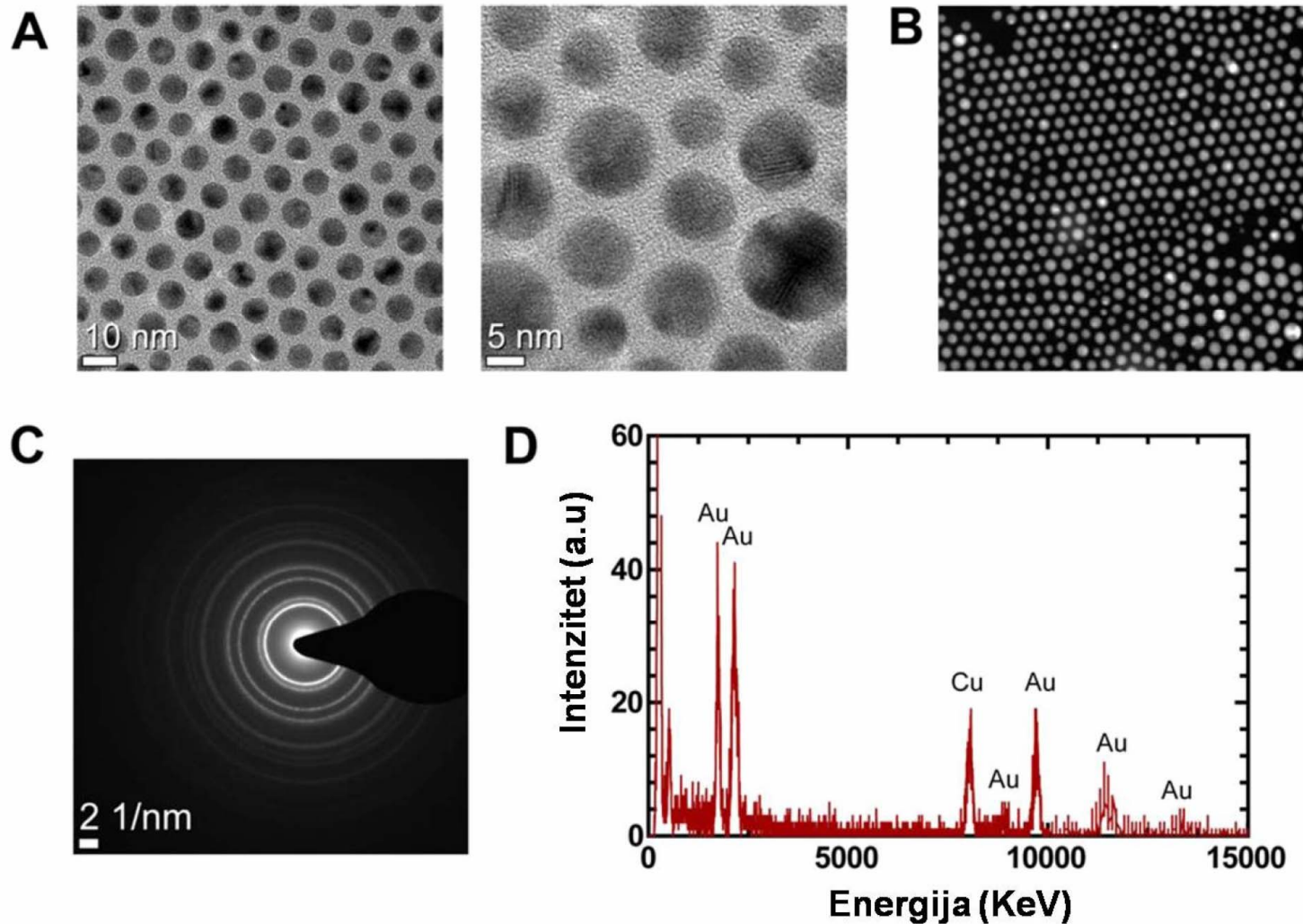
## Postupak sinteze koloidnih nanokristala zlata



# Rezultati i diskusija

51

## Karakterizacija hidrofobnih nanokristala Au – TEM & EDX

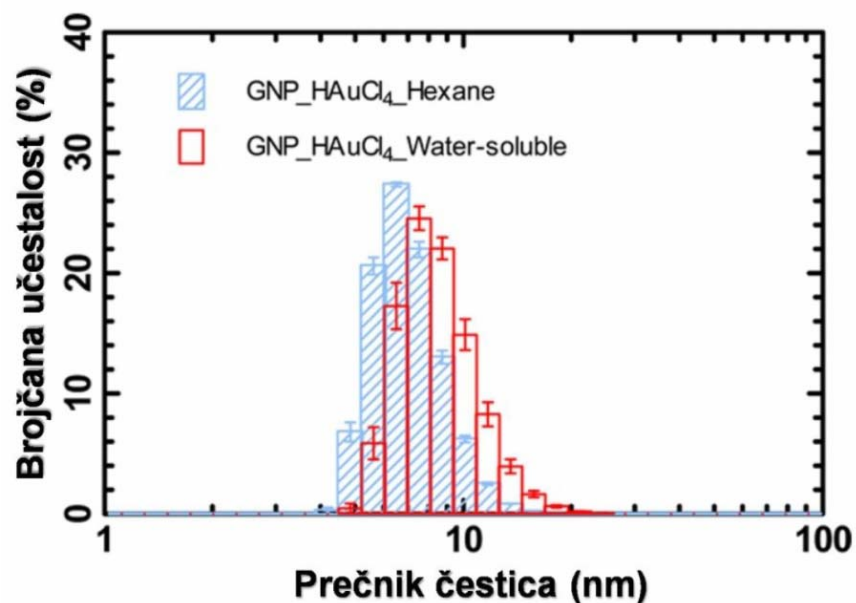
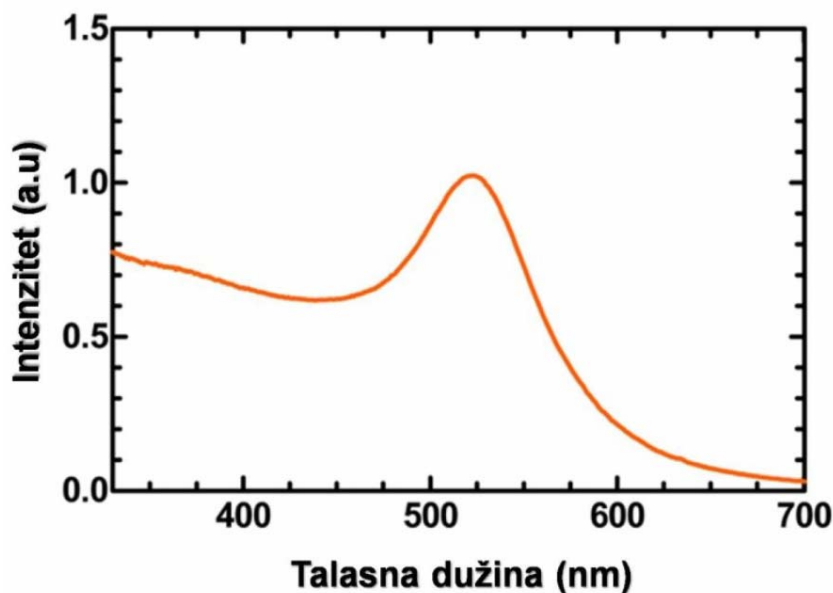
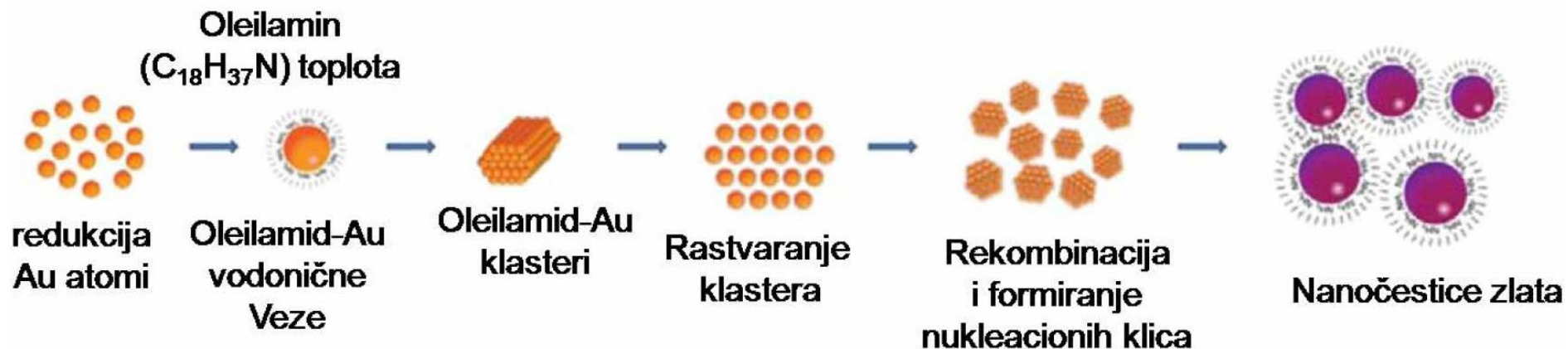




# Rezultati i diskusija

52

## ▣ Predloženi mehanizam nukleacije i rasta

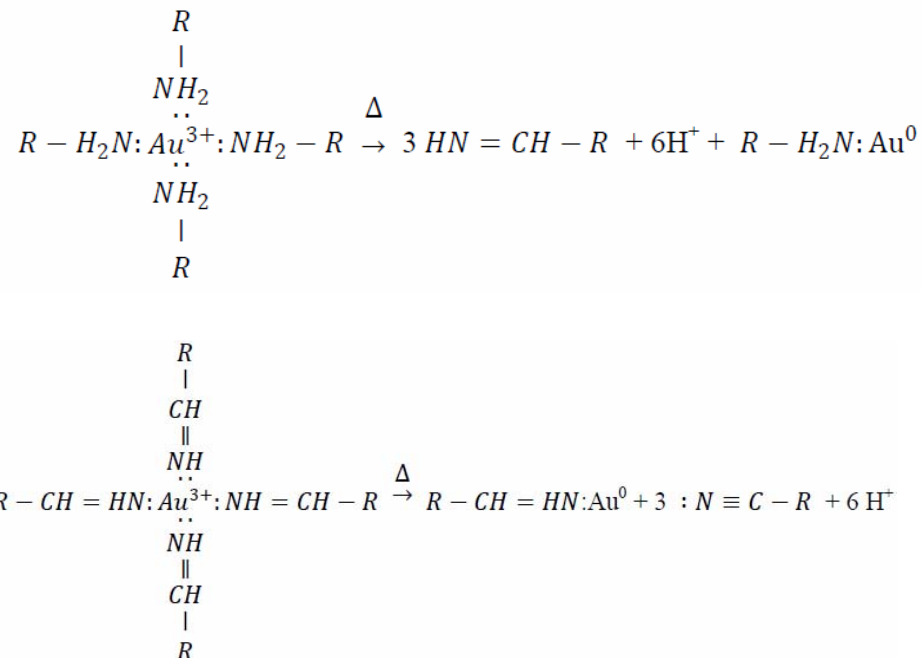
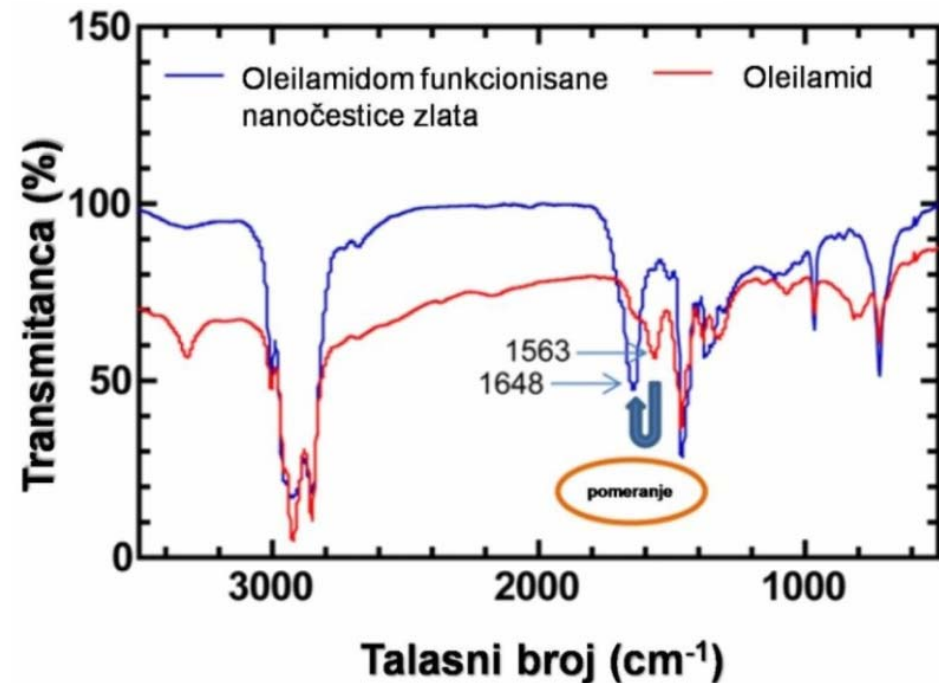
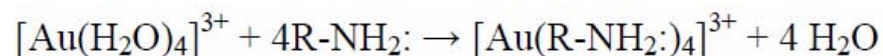


# Rezultati i diskusija

53

## ▣ Hemijski mehanizam redukcije Au<sup>3+</sup>

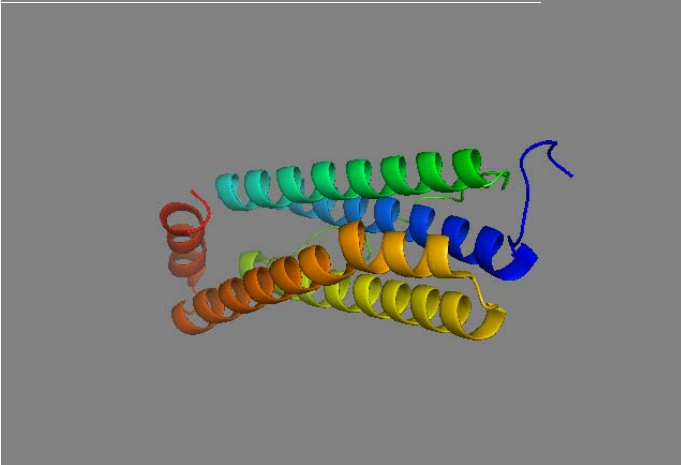
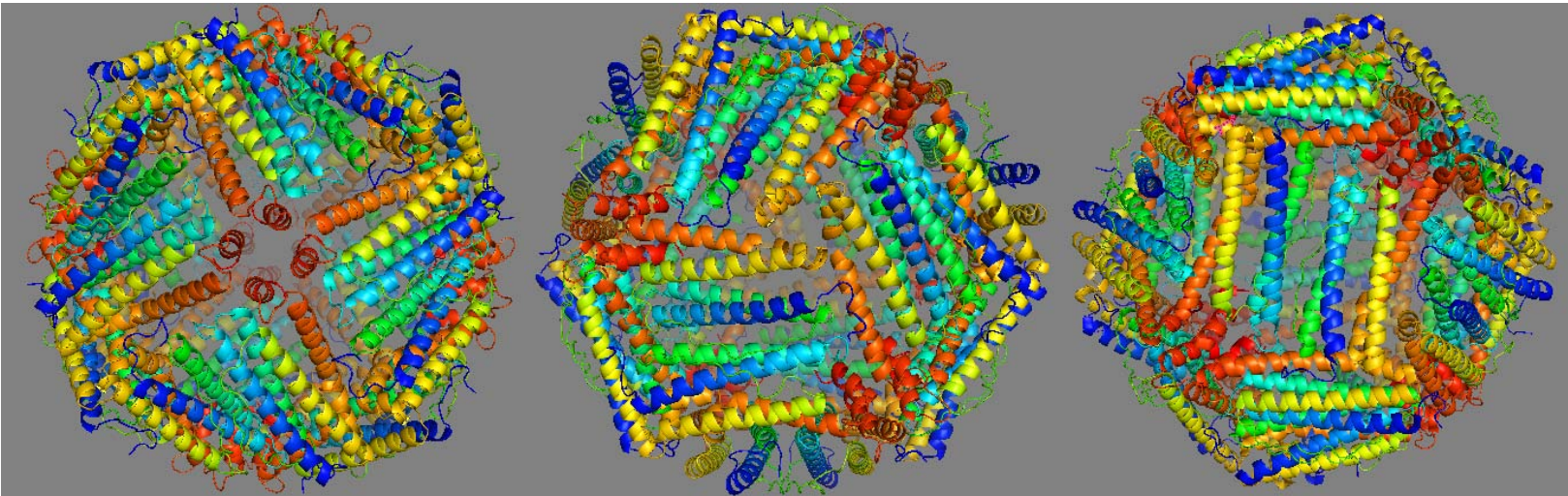
formiranje oktadecen amida  
adicijom vode na nitrile



# Praktični aspekti

54

## ▣ Nanokonstrukti nanočestice Au – feritin protein



**inženjerisani feritin protein 24 subjedinica**

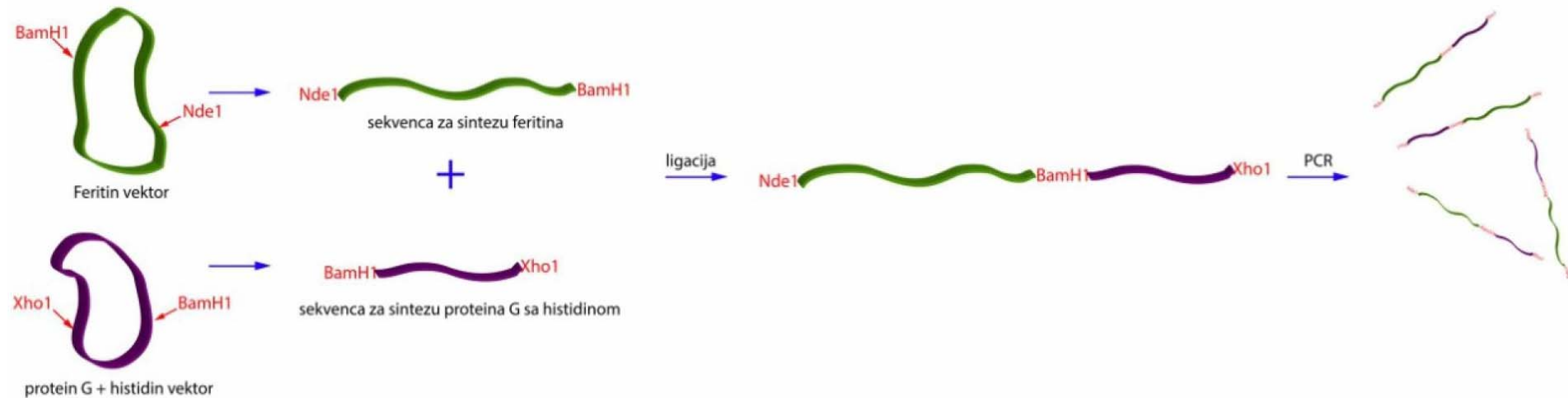
**subjedinica - četiri  $\alpha$  heliksa**

**PDB indeks 1MFR**

# Praktični aspekti

55

## ▣ Sinteza feritin proteina



Šema procesa ligacije sekvenci za sintezu feritina sa eksprimiranim proteinom G i umnožavanje dobijene sekvence PCR-om

Sekvenca je prenetu u **BL21 *Escherichia Coli***





# Praktični aspekti

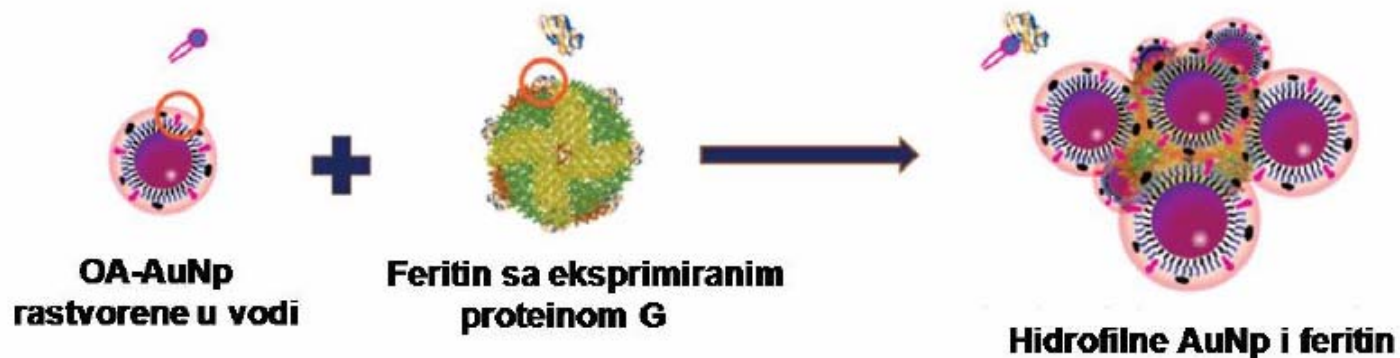
57

## Šema postupka konjugacije i sinteze nanokonstrukata



**A**

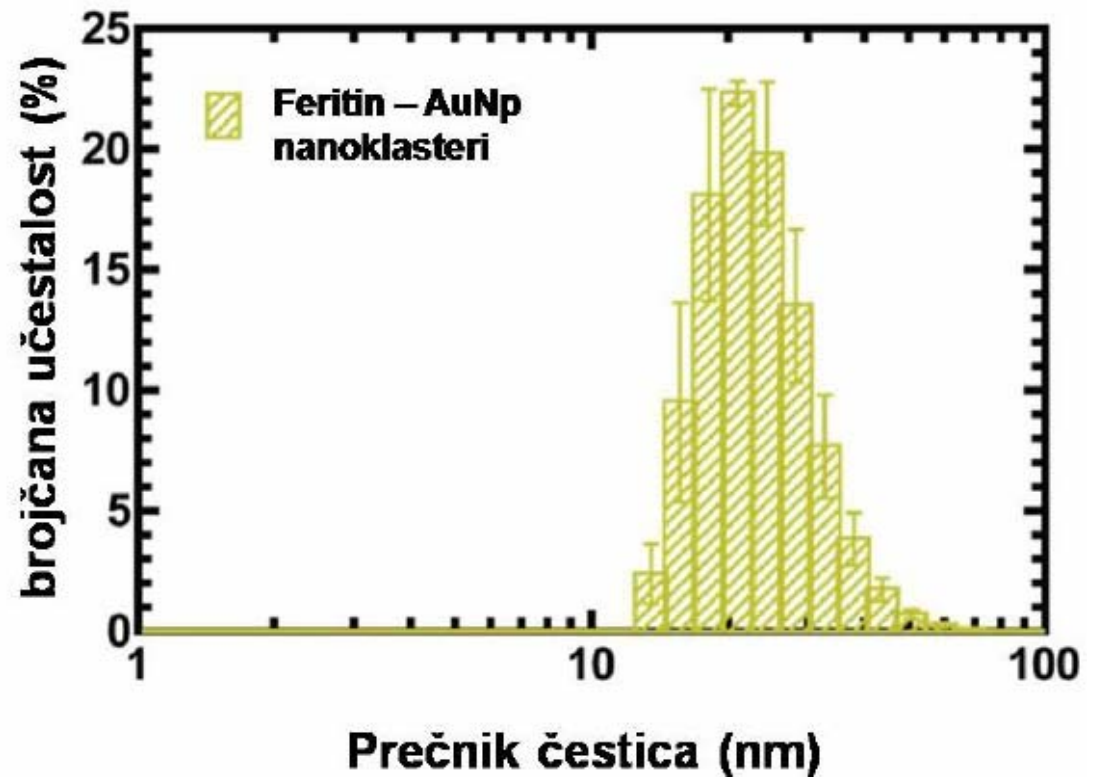
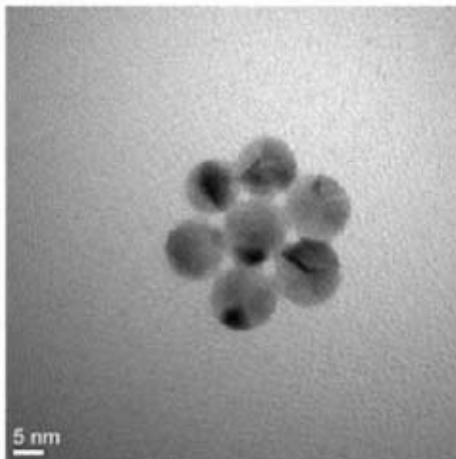
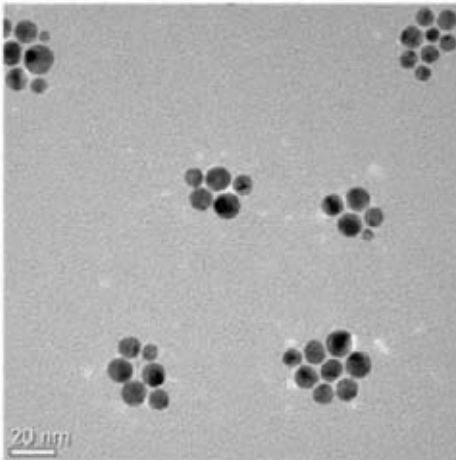
**Ni-NTA, vezivanje za protein G (za histidin)**



# Praktični aspekti

58

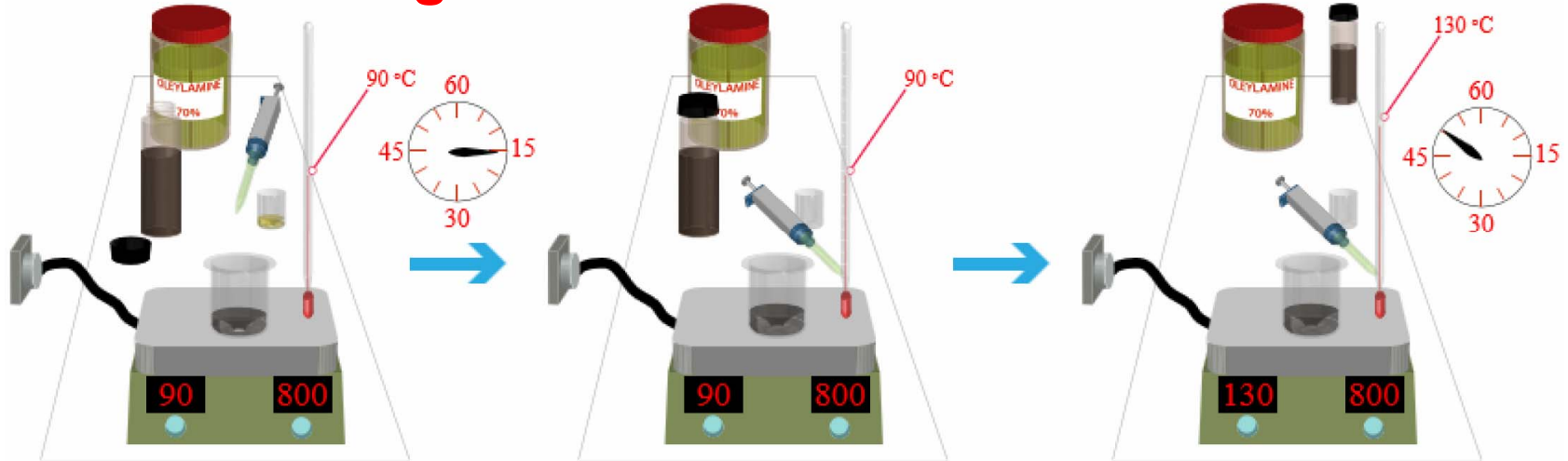
## □ Karakterizacija klastera feritin – Au nanočestice – TEM & DLS



# Rezultati i diskusija

59

## ▣ Nanodimer magnetit - zlato



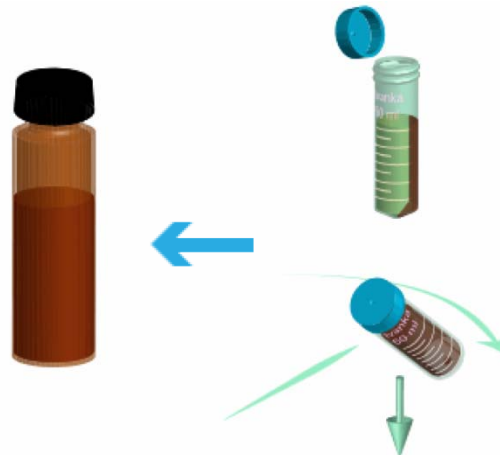
**dodavanje disperzije MNK  
u oktadecen amin**

**dodavanje rastvora  $\text{AuCl}_3$   
u hloroformu**

**podizanje temperature za 40 °C**

**redispersovanje  
u cikloheksanu**

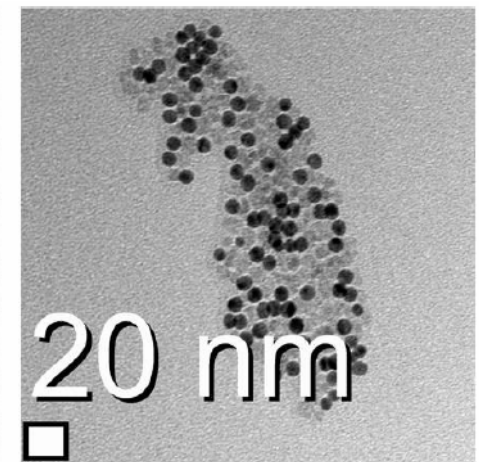
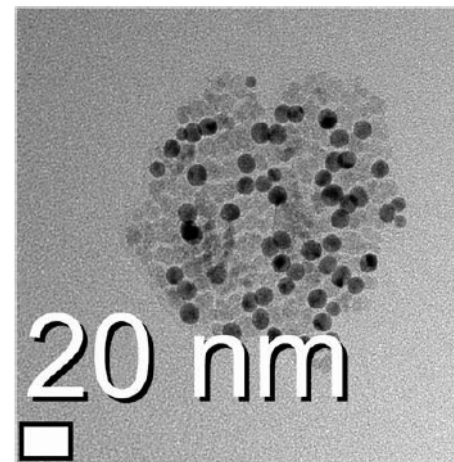
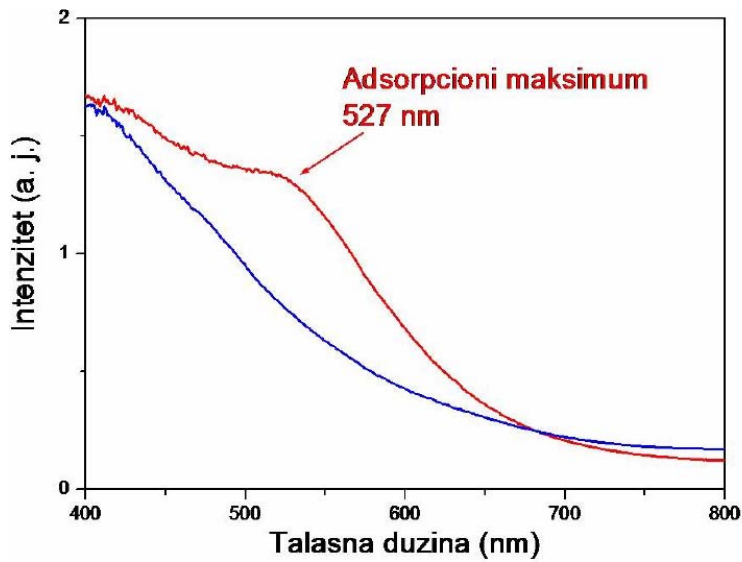
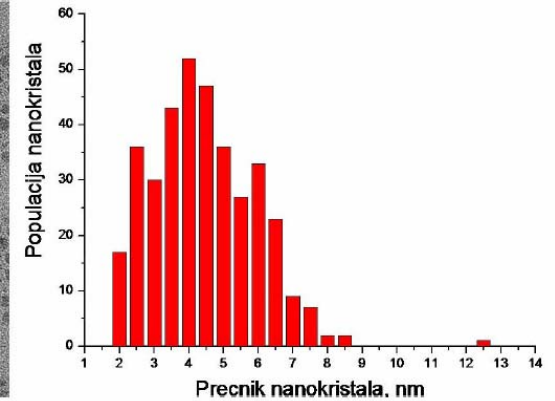
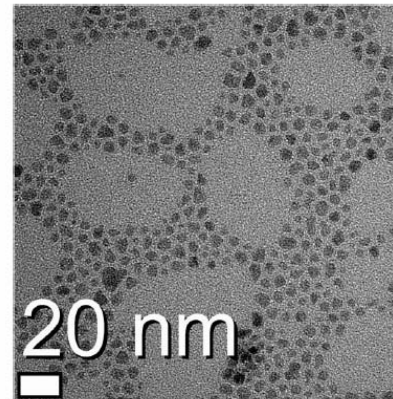
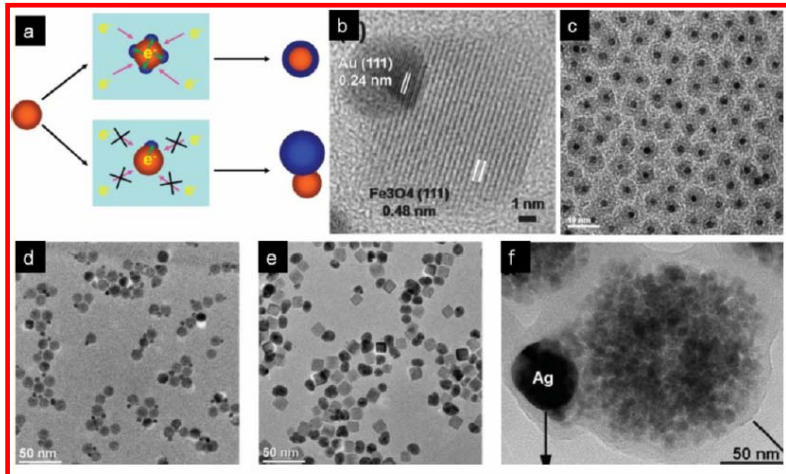
**ispiranje i  
centrifugiranje**



# Rezultati i diskusija

60

## ■ Nanodimer magnetit – zlato – potencialna primena u BM

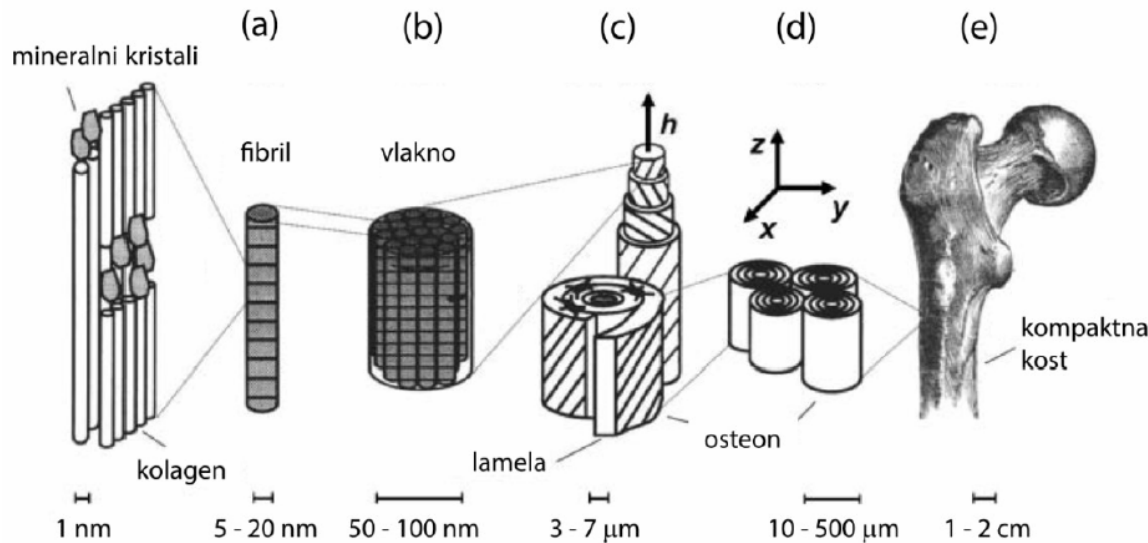




# Praktični aspekti

61

## Co supstisuian apatit



## Hjerarhijska struktura kosti

Tabela 4.1.1. Uporedni sastav humane gledi, dentina i kosti.

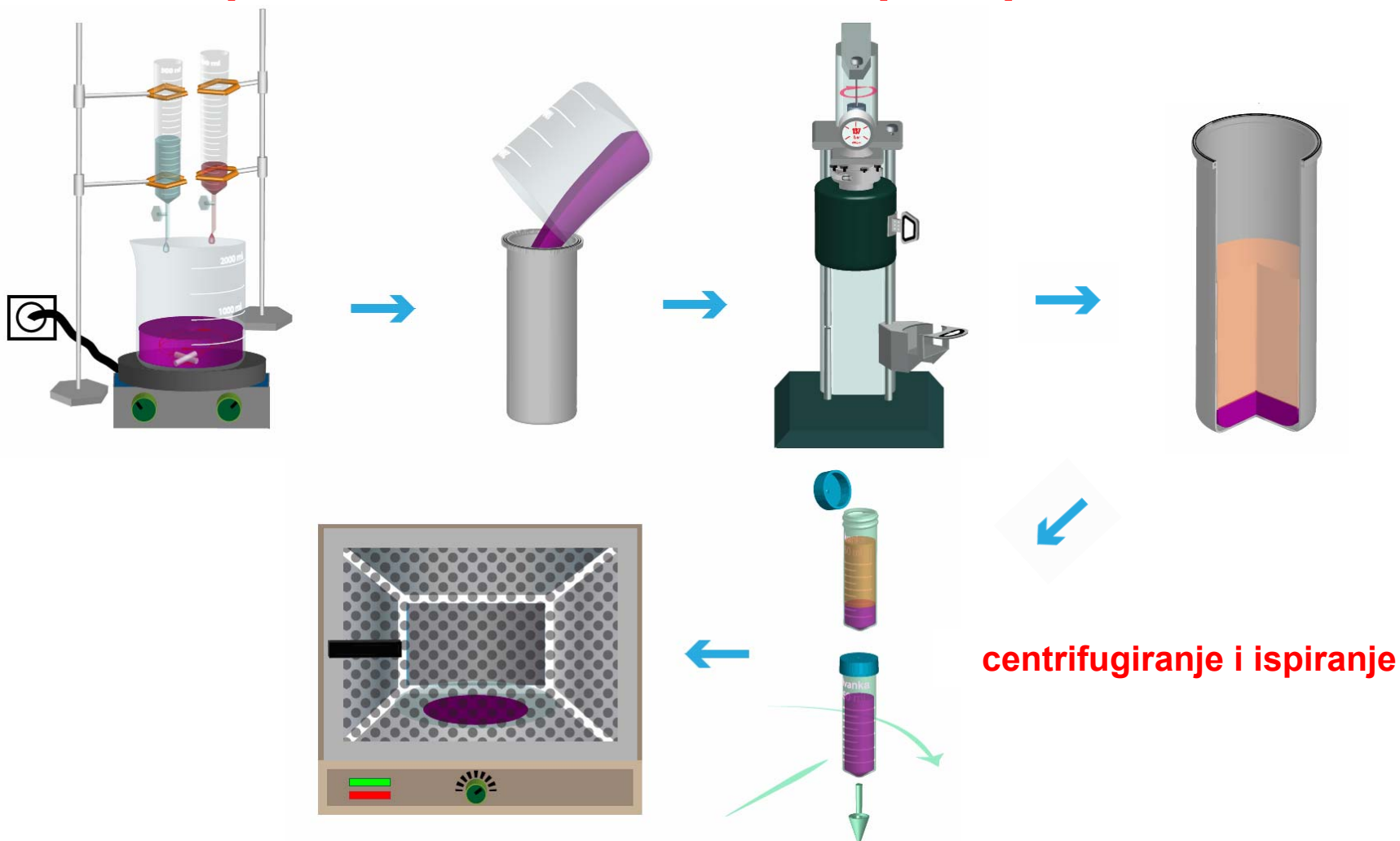
	Gled	Dentin	Kost
Ca (mas. %) <sup>a</sup>	37.6	40.3	36.6
P (mas. %) <sup>a</sup>	18.3	18.6	17.1
CO <sub>2</sub> (mas. %) <sup>a</sup>	3.0	4.8	4.8
Na (mas. %) <sup>a</sup>	0.70	0.1	1.0
K (mas. %) <sup>a</sup>	0.05	0.07	0.07
Mg (mas. %) <sup>a</sup>	0.2	1.1	0.6
Sr (mas. %) <sup>a</sup>	0.03	0.04	0.05
Cl (mas. %) <sup>a</sup>	0.4	0.27	0.1
F (mas. %) <sup>a</sup>	0.01	0.07	0.1
Zn (ppm) <sup>b</sup>	263	173	39 <sup>c</sup>
Ba (ppm) <sup>b</sup>	125	129	
Fe (ppm) <sup>b</sup>	118	93	
Al (ppm) <sup>b</sup>	86	69	
Ag (ppm) <sup>b</sup>	0.6	2	
Cr (ppm) <sup>b</sup>	1	2	0.33 <sup>d</sup>
Co (ppm) <sup>b</sup>	0.1	1	<0.025 <sup>d</sup>
Sb (ppm) <sup>b</sup>	1	0.7	
Mn (ppm) <sup>b</sup>	0.6	0.6	0.17 <sup>d</sup>
Au (ppm) <sup>b</sup>	0.1	0.07	
Br (ppm) <sup>b</sup>	34	114	
Si (ppm)			500 <sup>e</sup>
Ca/P	1.59	1.67	1.65



# Praktični aspekti doktorske disertacije

62

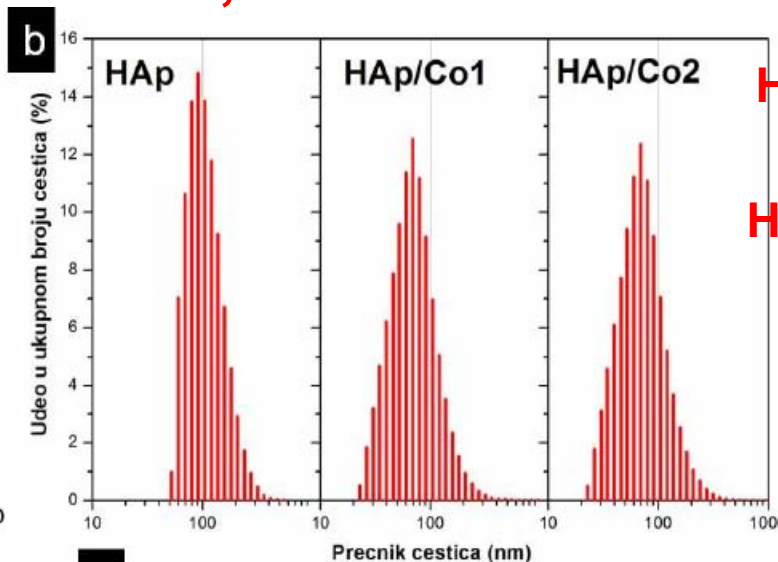
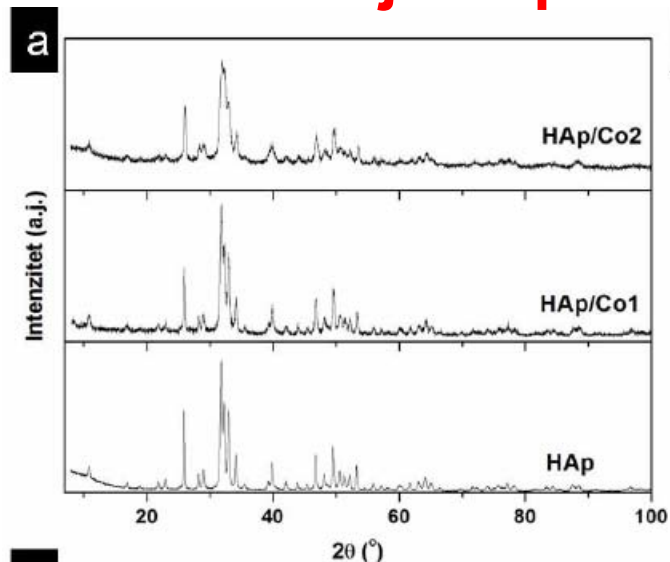
## ▣ Sinteza Hap/Co tretmanom amorfnih precipitata



# Praktični aspekti doktorske disertacije

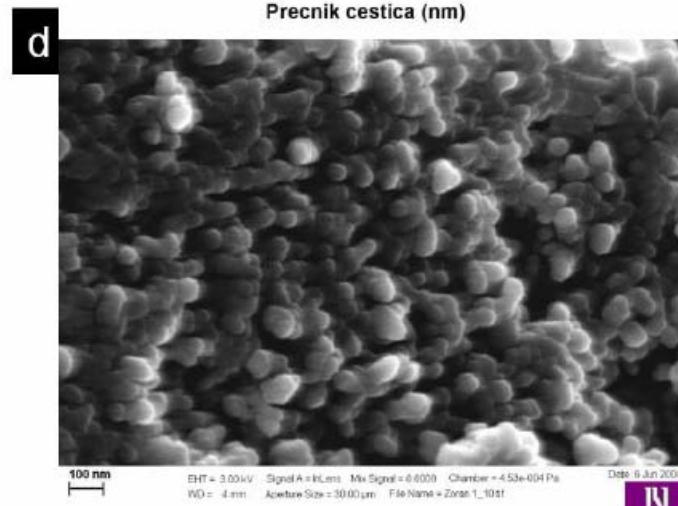
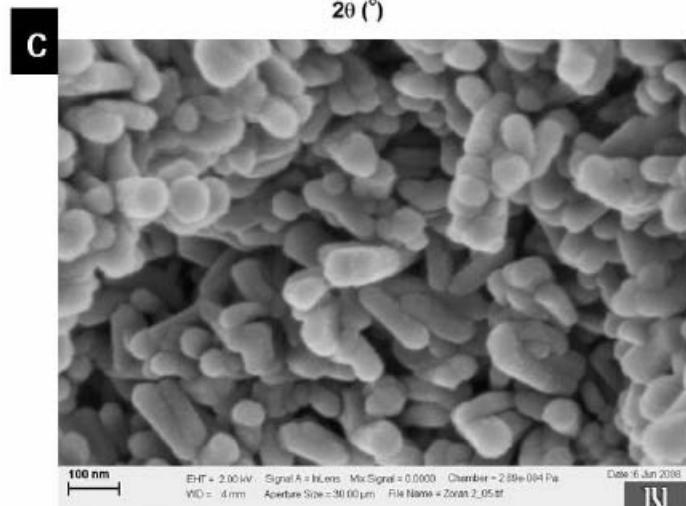
63

## Karakterizacija Hap/Co – XRD, LD & SEM



HAp/Co1–5% Co

HAp/Co2–12% Co

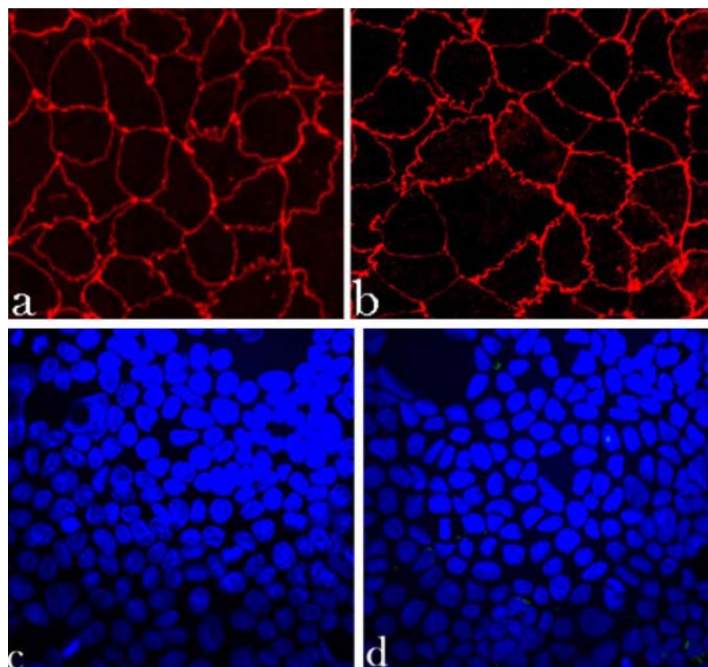


# Praktični aspekti doktorske disertacije

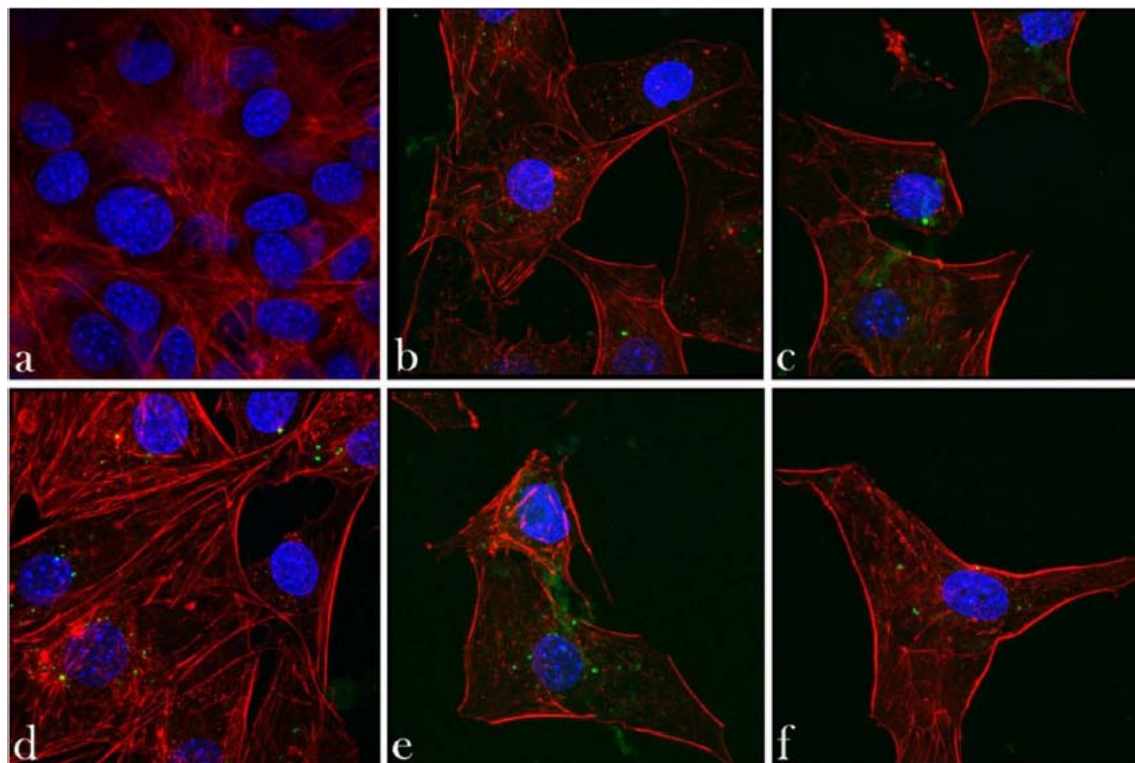
64

## ▣ *In vitro* ispitivanje Co supstituisanog hidroksiapatita

HAp/Co<sub>2</sub> – 12% Co  
2 mg/cm<sup>2</sup>



**Caco-2 ćelijski monoslojevi**  
4h period inkub.  
ZO-1 molekul - **crveno**  
jedra ćelija - **plavo**

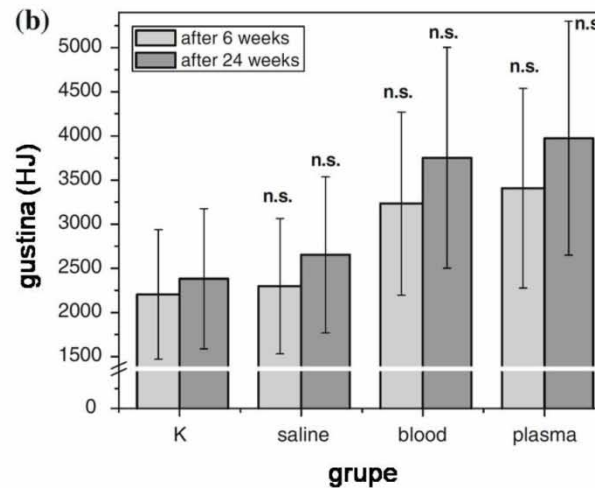
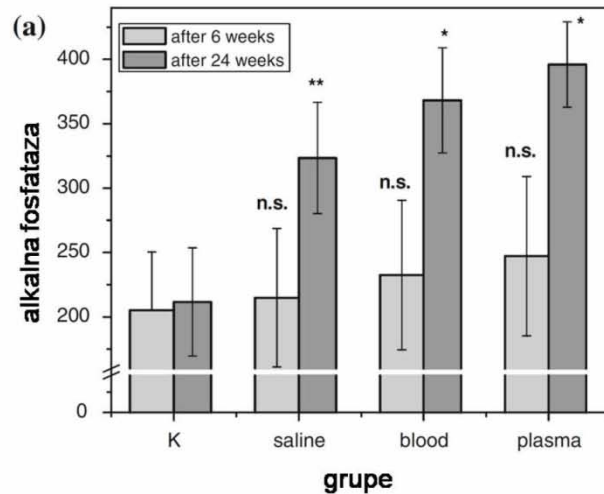
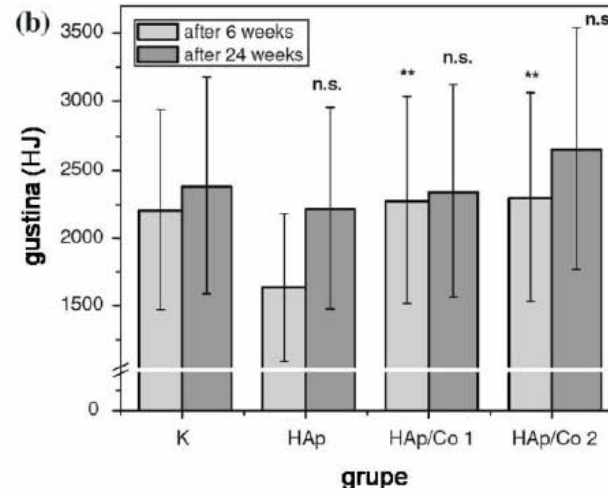
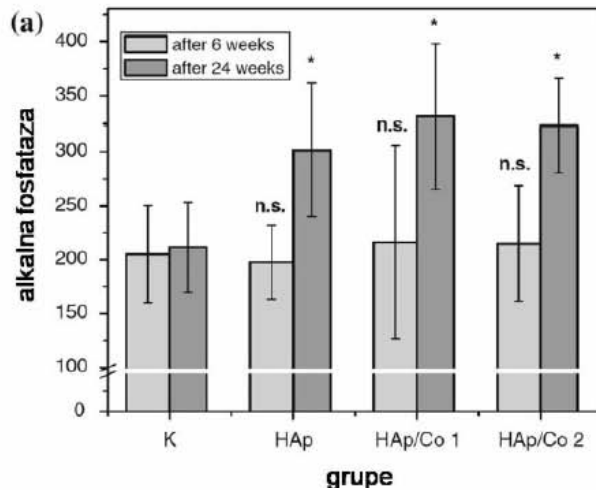


**Osteoblasti inkubirani sa HAp/Co<sub>2</sub> česticama 7d.**  
citoskeletni f aktin - **crveno**  
jedra osteoblasta - **plavo**  
internalizovane mineralne čestice - **zeleno**

# Praktični aspekti

65

## In vivo rezultati



HAp/Co2

# Zaključak

- ▣ Koloidne hidrotermalne metode dobre rezultate u sintezi superparamagnetnih nanokristala magnetita i “ultra – small” superparamagnetnih kristala
  - ▣ Nanokristali pogodni za imobilizaciju u matrici polimera
  - ▣ Imaju potencijalne primene kao što je separacija ćelija i/ili transfekcija gena, separacija biomarkera i MRI imidžing.
  - ▣ Sintetisan je nanodimera  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  – Au metodom rasta nanokristala zlata na kristalizacionim klicama. Kombinovana svojstva ovakvih struktura superparamagnetizam , katalitička svojstva, plazmonska rezonanca interesantna za primene.
- 
- ▣ Metoda pogodna za sintezu ambifilnih čestice HAp. Korišćenjem ambifilnih čestica HAp – nanočestičnih surfaktanata, stabilisane su Pickeringove emulzije.



# Zaključak

67

- ▣ Sinteza  $\text{LiFePO}_4$  na umerenim hidrotermalnim uslovima. Taloženje litijum – gvožđe fosfata u vodenoj fazi mehanizmom redukcionog rastvaranja proizvoda hidrolize.
- ▣ Cikliranje materijala bez dodatnih termičkih tretmana na  $55\text{ }^\circ\text{C}$  pokazalo je da pri struji od C/20 baterija ima stabilan kapacitet od 80 % teorijskog.

- 
- ▣ Solvotermalnim pristupom, sintetisani su monodisperzni sferni nanokristali Au ~7 nm korišćenjem oleilamina u funkciji kompleksirajućeg agensa, reducenta, neselektivnog liganda i reakcionog medijuma.
  - ▣ Česticama koje su solubilizovane enkapsulacijom sa tri različita lipida MHCP, DPPE – PEG2k i DGS – NTA(Ni) uspešno konjugovane sa inženjerisanim feritinskim nanokavezima.
  - ▣ Solubilizovani nanokristali zlata se mogu koristiti za obeležavanje biomolekula (npr. feritina) ili u drugim biomedicinskim primenama, kao što su CT kontrastni agensi sa pojačanom osetljivošću i SERS.

# Zaključak

- ▣ ***In vitro*** istraživanja Co supstituisanog HAp pokazala su da kombinovani efekti, s jedne strane faktora rasta iz autologne krvne plazme, i s druge CoHAp, imaju presudan uticaj na zapažena povećanja u ćelijskoj proliferaciji i migraciji aktivnih ćelija koje rapidno popunjavaju veštačke defekte, poboljšavaju regeneraciju osteoporotične kosti i povećavaju gustinu mandibule

# Perspektive

69

- ▣ Kontrolisana sinteza nanostruktura
- ▣ Kontrola formiranja struktura višeg reda supramolekulskim interakcijama
- ▣ Istraživanje interakcija nanočestica sa biomolekulima – proteinima i nukleinskim kiselinama

HVALA NA PAŽNJI !!!

