

ПРИМЉЕНО: 24.06.2021			
Орг.	Бр.	ПРЕДЛОЖ	
03	310/10	—	—

Марија Сенић
Ј.М.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ И
ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Јелене М. Степановић**

На седници Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Крагујевцу одржаној 27.01.2021. године (број одлуке 70/XIX-1) и седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 10.02.2021. године (број одлуке IV-01-94/16) донете су одлуке о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом:

„Примена природних минерала као сензора за електрохемијска одређивања различитих једињења у воденој и неводеној средини”

кандидата **Јелене М. Степановић**, дипломираног хемичара за истраживање и развој.

Јелена М. Степановић је предала рукопис докторске дисертације Наставно-научном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу на оцену и проверу на плагијаризам. Чланови Комисије су имали увид у поменути рукопис, детаљано га прегледали, дали сугестије у циљу побољшања квалитета презентовања добијених научних резултата и, на крају, проценили научни квалитет докторске дисертације.

Кандидат је прихватио све сугестије чланова Комисије.

У складу са чланом 7. Правилника о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу, а на основу Извештаја о провери оригиналности ове докторске дисертације и Оцене ментора о извештају о провери оригиналности докторске дисертације, достављеног дана 10.06.2021. године, чланови Комисије су констатовали да утврђено подударање текста износи 6%. Овај степен подударности је искључиво последица претходно публикованих резултата који су проистекли из докторске дисертације, затим наведених библиографских података (уз напомену да су сви коришћени литературни подаци цитирани у складу са академским правилима), као и присуство општих термина и података (хемијски појмови, називи хемијских једињења, хемијске формуле, мерне јединице и ознаке). На основу наведеног, може се закључити да су се стекли услови да Комисија поднесе Наставно-научном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Током последњих деценија, електрохемијски сензори имају значајну улогу у контроли квалитета различитих процеса/биопроцеса, мониторингу параметара значајних за животну средину, прехранбеној и фармацеутској индустрији, токсикологији, медицини. Технолошким напредком, проширује се и област примене електрохемијских сензора у свим наведеним категоријама, што првенствено подразумева оптимизацију перформанси сензора током времена (дугорочна стабилност), али и обезбеђивање задовољавајуће осетљивости, тачности, селективности примењене аналитичке методе. У групу електрохемијских сензора се убрајају и јон-селективне електроде са чврстом мембраном у које спадају електроде са сензорима на бази природних сулфидних/оксидних минерала пирита, халкопирита, галенита, арсенопирита и магнетита.

Сулфидни/оксидни минерали, као што су пирит (FeS_2), халкопирит (CuFeS_2), галенит (PbS), арсенопирит (FeAsS) и магнетит (Fe_3O_4) спадају у групу најзаступљенијих минерала у природи. Испитивање особина и понашања површинског слоја минерала усмерено је на идентификовање ефеката који утичу на процес њихове оксидације, као и састава једињења која се формирају на површини минерала као резултат наведене оксидације. Пошто поменути минерали спадају у категорију полупроводника са изразито малим отпором, различите *in-situ* електрохемијске технике (нпр., циклична волтаметрија, потенциометрија) успешно се примењују за проучавање механизма њиховог растварања. Иако слабо реактивни и мало растворљиви у води, под утицајем средине (температуре, природе и концентрације катјонских и анјонских врста, оксидационих и редукционих система, нечистоћа) сулфидни и оксидни минерали могу да ступе у хемијске реакције. Као резултат модификације површинског слоја ових минерала, мењају се електрохемијске особине и њихова реактивност, што им омогућава да се понашају као електрохемијски сензори са класичним карактеристикама рН и редокс електрода.

Актуелна истраживања указују да је подручје примене електрохемијских сензора проширено у смеру коришћења неводених растварача као медијума за одвијање ацидо-базних, таложних, комплексометријских и оксидо-редукционих реакција, јер они знатно мењају/побољшавају радне услове у односу на воду (проширује се радна област у киселом и базном подручју, као и област радног потенцијала на позитивној и негативној страни). Применом погодних неводених растварача, посебно диполарних апротичних растварача, могу се растворити супстанце које су нерастворне у води и повећати стабилност датих супстанци. На тај начин омогућава се одвијање хемијских реакција које су, из наведених разлога, неизводљиве у воденој средини, што додатно даје предност неводеним растварачима.

Литературни подаци указују да су минерали арсенопирит и магнетит веома ретко разматрани као потенцијални сензорски материјали, док су природни сулфидни минерали пирит, халкопирит и галенит углавном испитивани као рН сензори у

диполарним апотичним растварачима. Проучавање и развој ових сензора на бази природних минерала пирита, халкопирита, галенита, арсенопирита и магнетита омогућава и њихову практичну примену у неводеним растварачима, за детекцију многобројних неорганских и органских супстанци, као и за људски организам важних, биолошких једињења.

Научна истраживања у оквиру ове докторске дисертације, обухватају потенциометријску карактеризацију електрода, чији су сензори направљени од природних, нетоксичних минерала, са циљем њихове даље, аналитичке примене за одређивање различитих једињења у води и неводеним растварачима, γ -бутиролактону, пропиленкарбонату и ацетонитрилу.

2. **Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада**

Докторска дисертација под насловом „**Примена природних минерала као сензора за електрохемијска одређивања различитих једињења у воденој и неводеној средини**” кандидата Јелене М. Степановић, припада научној области Хемија, ужа научна област Аналитичка хемија. Предмет научних истраживања ове докторске дисертације обухвата електрохемијску карактеризацију сулфидних и оксидних електрода, базираних на природним минералима, са циљем њихове даље, аналитичке примене као сензора за одређивање различитих типова једињења (органских киселина, органских једињења, витамина) у води и неводеној средини.

Докторска дисертација приказује резултате, потврђене објављеним научним радовима, на основу којих су изведени закључци неведени у наставку текста.

Минерали, арсенопирит и магнетит, иако слабо реактивни и слабо растворни у води, под утицајем средине, могу на површини минерала да формирају хидроксид/сулфидни, односно хидроксид/оксидни слој који служи као сензор са карактеристикама рН електрода. Потенцијал индикаторске арсенопиритне и магнетитне електроде зависи од активитета водоникових јона, што представља основ за њихову даљу примену за ацидо-базно одређивања у γ -бутиролактону и пропиленкарбонату.

Индикаторске електроде са сензорима на бази арсенопирита и магнетита показују стабилан потенцијал, релативно брз одзив, линеарну зависност потенцијала од концентрације *p*-толуенсулфонске киселине са суб-Нернстовским нагибом и, уз потврђену инертност у γ -бутиролактону и пропиленкарбонату, могућност примене без временског ограничења.

Арсенопирита и магнетита електрода су успешно примењене за ацидо-базно одређивање органских киселина, бензоеве, салицилне и антранилне киселине. Релативна стандардна девијација одређивања испитиваних једињења мања је од $\pm 0,50\%$. Резултати добијени применом ових електрода у сагласности су са резултатима добијеним применом стаклене електроде.

Минерали, пирит, халкопирит и галенит, показују полупроводничке особине, хемијску инертност, слабу реактивност; захваљујући јонима бакра инкорпорираним у кристалну решетку минерала, представљају одличне редокс индикаторске електроде примењиве код титрација са бакар(II)-јонима. Дакле, потенцијал пиритне, халкопиритне

и галенитне индикаторске електроде зависи од концентрације јона бакра, што представља основ за њихову даљу примену код редокс одређивања у води, γ -бутиролактону и пропиленкарбонату, али и смеси растварача вода-ацетонитрил.

Индикаторске електроде са сензорима на бази пирита, халкопирита и галенита показују стабилан потенцијал, релативно брз одзив, линеарну зависност потенцијала од концентрације бакар(II)-јона са суб-Нернстовским нагибом у γ -бутиролактону и пропиленкарбонату, уз високу селективност и добру репродуктивност добијених резултата.

Пиритна, халкопиритна и галенитна електрода су успешно примењене за редокс одређивање органских једињења (фероцена, тиоуреа, тетрабутиламонијум-јодида и фенилхидразина) у γ -бутиролактону и пропиленкарбонату, као и за редокс одређивање L-аскорбинске киселине у води и смеси растварача вода-ацетонитрил. Релативна стандардна девијација одређивања испитиваних једињења мања је од $\pm 0,50\%$. Резултати добијени применом ових електрода у сагласности су са резултатима добијеним применом платинске електроде.

Пиритна и халкопиритна електрода су успешно примењене за редокс одређивање L-аскорбинске киселине у фармацеутским производима у смеси растварача вода-ацетонитрил, са релативном стандардном девијацијом мањом од $\pm 0,90\%$.

Резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације дискутовани су и стављени у контекст досадашњих релевантних литературних података из области Аналитичке хемије. Актуелни, адекватно одабрани – у складу са проучаваном тематиком, литературни подаци су упоређивани са резултатима добијеним у оквиру ове дисертације.

На основу Извештаја о провери оригиналности докторске дисертације и Оцене ментора о извештају о провери оригиналности докторске дисертације, а поштујући члан 7. Правилника о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу, Комисија констатује да је утврђено подударње текста искључиво последица претходно публикованих резултата који су проистекли из докторске дисертације, затим наведених библиографских података (уз напомену да су сви коришћени литературни подаци цитирани у складу са академским правилима), као и присуства општих термина и података (хемијски појмови, називи хемијских једињења, хемијске формуле, мерне јединице и ознаке).

3. Преглед остварених резултата рада кандидата

Јелена М. Степановић је у досадашњем научно-истраживачком раду постигла значајне резултате из области електроаналитичке хемије, што је потврђено научним радовима публикованим у научним часописима међународног значаја (категорија M20). Поред тога, кандидат је учествовао на различитим научним конференцијама и коаутор је једне монографије. Резултати досадашњег научно-истраживачког рада Јелене М. Степановић су публиковани у међународним научним часописима (4 радова), у виду саопштења на националним научним скуповима (3 саопштења), као и у једној монографији, што укупно чини 8 библиографских јединица.

3.1. Научни радови публиковани у међународним часописима

3.1.1. Zorka Stanić, Jelena Stepanović

Natural metal sulfides as electrochemical sensors for redox titrations in gamma-butyrolactone and propylene carbonate

Monatshefte Fur Chemie **141** (2010) 137–142

DOI: 10.1007/s00706-009-0246-z

ISSN: 0026-9247

(IF = 1,356 за 2010. годину; 66/147; **M22**; област: Chemistry, Multidisciplinary)

3.1.2. Zorka Stanić, Jelena Stepanović, Zoran Simić

Arsenopyrite mineral based electrochemical sensor for acid–base titrations in gamma-butyrolactone and propylene carbonate

Monatshefte Fur Chemie **143** (2012) 1–6

DOI: 10.1007/s00706-011-0567-6

ISSN: 0026-9247

(IF = 1,629 за 2012. годину; 63/152; **M22** област: Chemistry, Multidisciplinary)

3.1.3. Zorka Stanić, Jelena Stepanović, Zoran Simić

Voltammetric and potentiometric characterization of magnetite electrode for the assay of weak organic acids in non-aqueous media

Polyhedron **45** (2012) 43-47

DOI: 10.1016/j.poly.2012.07.070

ISSN: 0277-5387

(IF = 1,813 за 2012. годину; 20/44; **M22** област: Chemistry, Inorganic & Nuclear)

3.1.4. Zorka Stanić, Jelena Stepanović

Potentiometric determination of ascorbic acid in water–acetonitrile solution using pyrite and chalcopyrite electrodes

Journal of Solid State Electrochemistry **20** (2016) 2879-2893

DOI: 10.1007/s10008-016-3295-3

ISSN: 1432-8488

(IF = 2,316 за 2016. годину; 14/29; **M22** област: Electrochemistry)

3.2. Саопштења на националним научним конференцијама штампана у изводу (M64)

3.2.1. Zorka D. Stanić, Jelena M. Stepanović, Zoran B. Simić

Electrochemical characterization and analytical application of magnetite electrode in non-aqueous solutions by voltammetry and potentiometry, 50. jubilarno savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, Srbija, 14-15. jun 2012.; AH P1.

ISBN: 978-86-7132-048-1

3.2.2. Zorka D. Stanić, **Jelena M. Stepanović**
Potentiometric characterisation and analytical application of pyrite and chalcopyrite electrode for determination of ascorbic acid, 51. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Niš, Srbija, 5-7. jun 2014., AH P13.
ISBN: 978-86-7132-054-2

3.2.3. Zorka D. Stanić, **Jelena M. Stepanović**
Investigation of the electroanalytical characteristics and applicability of magnetite electrode for the pyruvic acid determination, 53. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, Srbija, 10-11. jun 2016.; AH P12.
ISBN: 978-86-7132-061-0

3.3. Монографије, посебна поглавља у научним књигама (M12)

3.3.1. Zorka Stanić, **Jelena Stepanović**
Potentiometric Characterization and Analytical Application of Pyrite Mineral for the Assay of Weak Organic Acids in Non-Aqueous Media, in Pyrite: Synthesis, Characterization and Uses, Chapter III (N. Whitley and P.T. Vinsen; Eds.), p. 69-92, 2013.
ISBN: 978-1-62257-851-1

4. Научни резултати докторске дисертације

Резултати научно-истраживачког рада кандидата **Јелене М. Степановић** у оквиру ове докторске дисертације су објављени у истакнутим међународним часописима (**M22** – 4 рада). Укупан импакт фактор радова проистеклих из докторске дисертације је 7,114. Поред тога, кандидат је резултате своје дисертације презентовао у виду саопштења на националним научним скуповима (2 саопштења).

4.1. Научни радови публиковани у међународним часописима у оквиру теме за докторску дисертацију

4.1.1. Zorka Stanić, **Jelena Stepanović**
Natural metal sulfides as electrochemical sensors for redox titrations in gamma-butyrolactone and propylene carbonate
Monatshefte Fur Chemie **141** (2010) 137–142
DOI:10.1007/s00706-009-0246-z
ISSN: 0026-9247
(IF = 1,356 за 2010. годину; 66/147; **M22**; област: Chemistry, Multidisciplinary)

4.1.2. Zorka Stanić, **Jelena Stepanović**, Zoran Simić
Arsenopyrite mineral based electrochemical sensor for acid–base titrations in gamma-butyrolactone and propylene carbonate
Monatshefte Fur Chemie **143** (2012) 1–6

DOI: 10.1007/s00706-011-0567-6

ISSN: 0026-9247

(IF = 1,629 за 2012. годину; 63/152; **M22** област: Chemistry, Multidisciplinar)

4.1.3. Zorka Stanić, Jelena Stepanović, Zoran Simić

Voltammetric and potentiometric characterization of magnetite electrode for the assay of weak organic acids in non-aqueous media

Polyhedron **45** (2012) 43-47

DOI: 10.1016/j.poly.2012.07.070

ISSN: 0277-5387

(IF = 1,813 за 2012. годину; 20/44; **M22** област: Chemistry, Inorganic & Nuclear)

4.1.4. Zorka Stanić, Jelena Stepanović

Potentiometric determination of ascorbic acid in water–acetonitrile solution using pyrite and chalcopyrite electrodes

Journal of Solid State Electrochemistry **20** (2016) 2879-2893

DOI:10.1007/s10008-016-3295-3

ISSN: 1432-8488

(IF = 2,316 за 2016. годину; 14/29; **M22** област: Electrochemistry)

4.2. Саопштења на националним научним конференцијама штампана у изводу (M64) у оквиру теме за докторску дисертацију

4.2.1. Zorka D. Stanić, Jelena M. Stepanović, Zoran B. Simić

Electrochemical characterization and analytical application of magnetite electrode in non-aqueous solutions by voltammetry and potentiometry, 50. jubilarно savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, Srbija, 14-15. jun 2012.; AH P1.

ISBN: 978-86-7132-048-1

4.2.2. Zorka D. Stanić, Jelena M. Stepanović

Potentiometric characterisation and analytical application of pyrite and chalcopyrite electrode for determination of ascorbic acid, 51. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Niš, Srbija, 5-7. jun 2014., AH P13.

ISBN: 978-86-7132-054-2

5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Комисија је закључила да су сви задаци који су предвиђени приликом пријаве теме за израду докторске дисертације под насловом „Примена природних минерала као сензора за електрохемијска одређивања различитих једињења у воденој и неводеној средини” у потпуности остварени и публиковањем научних радова потврђени. Резултати проистекли из ове докторске дисертације дају оригинални научни допринос у области Аналитичке хемије.

6. **Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Резултати постигнути у оквиру ове докторске дисертације представљају резултат оригиналног научног рада кандидата Јелене М. Степановић у области Аналитичке хемије. Сматрамо да ова докторска дисертација, са теоријског и са практичног становишта, представља велики допринос примени природних, нетоксичних минерала, пирита, халкопирита, галенита, арсенопирита и магнетита као електрохемијских сензора за ацидо-базна и редокс одређивања различитих типова једињења (органичних киселина, органичних једињења, витамина) у воденој и неводеној средини. Резултати постигнути у оквиру ове дисертације представљају значајан допринос у развоју и проширењу знања о примени нових сензорских материјала у води и неводеној средини, са циљем квантитативног одређивања различитих, за људски организам важних, једињења и њихову практичну примену у фармацеутској и прехранбеној индустрији. Истовремено, захваљујући резултатима постигнутим у оквиру ове докторске дисертације отвара се и могућност даљег научног рада у овој области Аналитичке хемије.

Добијени резултати ће бити од великог значаја за истраживаче који су у области хемије неводених раствора, односно области хемијских сензора.

7. **Начин презентовања резултата научној јавности**

Научни доприноси ове докторске дисертације су потврђени публикавањем научних резултата у облику **четири научна рада** у истакнутим међународним часописима (категорије **M22 – 4** рада), као и два саопштења на научним конференцијама.

Докторска дисертација је написана на 108 страна, садржи 41 слику, 20 табела и 286 литературних података. Дисертација је подељена на поглавља **Апстракт, Abstract, Скраћенице и ознаке, Списак слика, Списак табела, Увод (1-2), Општи део (3-34), Експериментални део (35-41), Наши резултати и дискусија (42-94), Закључак (95-99), Литература (100-107) и Биографија (108)**. Поред тога, дисертација садржи списак радова, као и прилог у коме су наведени апстракти радова у којима су штампани резултати докторске дисертације.

Такође, резултати ће бити презентовани на јавној одбрани докторске дисертације, након прихватања овог Извештаја од стране Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Крагујевцу и Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Поднети рукопис докторске дисертације кандидата **Јелене М. Степановић** под насловом: „**Примена природних минерала као сензора за електрохемијска одређивања различитих једињења у воденој и неводеној средини**” представља оригинални научни рад из области електроаналитичке хемије, урађен под менторством, др Зорке Д. Станић, ванредног професора Природно-математичког факултета у Крагујевцу.

Докторска дисертација обухвата електрохемијску карактеризацију сулфидних и оксидних електрода, базираних на природним минералима, са циљем њихове даље, аналитичке примене као сензора за волтаметријска и потенциометријска одређивања различитих, за људски организам важних једињења и њихову практичну примену у фармацеутској и прехранбеној индустрији. Очекујемо да ће ова дисертација бити од значаја за даља научна истраживања у области сензорских материјала, али и за развој примењене аналитичке хемије у неводеној средини.

Квалитет научних резултата ове докторске дисертације је потврђен њиховом публикацијом у облику **четири научна рада** у часописима са SCI листе (категорије **M22 – 4** рада, укупан импакт фактор 7,114) и два саопштења на националним научним конференцијама. С обзиром на наведене чињенице, сматрамо да су испуњени сви научни, стручни и административни услови за прихватање наведене докторске дисертације као оригиналног научног рада. Предлажемо Наставно-научном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да кандидату **Јелени М. Степановић** одобри јавну одбрану *докторске дисертације* под наведеним насловом.

У Крагујевцу, Београду
22. 06. 2021. године

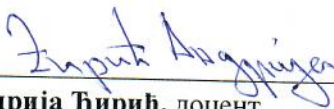
КОМИСИЈА



др Љубинка Јоксовић, ванредни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу
ужа научна област: Аналитичка хемија
председник комисије



др Александар Лолић, ванредни професор
Хемијски факултет, Универзитет у Београду
ужа научна област: Аналитичка хемија
члан



др Андрија Ћирић, доцент
Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу
ужа научна област: Аналитичка хемија
члан

п: 10.06.2021
с:
03 37/3-2 - -

ОЦЕНА МЕНТОРА О ИЗВЕШТАЈУ О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ ОДНОСНО ДОКТОРСКОГ УМЕТНИЧКОГ ПРОЈЕКТА

НАЗИВ ДИСЕРТАЦИЈЕ	ПРИМЕНА ПРИРОДНИХ МИНЕРАЛА КАО СЕНЗОРА ЗА ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКА ОДРЕЂИВАЊА РАЗЛИЧИТИХ ЈЕДИЊЕЊА У ВОДЕНОЈ И НЕВОДЕНОЈ СРЕДИНИ	
Кандидат	Јелена М. Степановић	
Ментор	Др Зорка Станић, ванредни професор	
Датум пријема потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта	03.06.2021.	

1. Изјављујем да је горе насловљена докторска дисертација оригинално дело. Ова докторска дисертација представља резултат рада докторанда Јелене М. Степановић.

2. Изјављујем да су, у горе насловљеној докторској дисертацији, поштована академска правила цитирања и навођења извора.

3. Софтвером за проверу оригиналности утврђено је да подударане текста у дисертацији износи 6%. Овај степен подударности је последица претходно публикованих резултата који су проистекли из докторске дисертације, затим цитата библиографских података о коришћеној литератури (уз напомену да су сви коришћени извори уредно цитирани у складу са академским правилима), као и ткз. општих места и података. Имајући у виду да се 4% (извори 1, 2, 3 и 5) поклапања односи на делове текста из радова проистеклих из докторске дисертације кандидата, 1% (извор 4) поклапања се односи на библиографске податаке о коришћеној литератури и 1% (извор 6) поклапања се односи на опште термине и податаке, као што су хемијски појмови, називи хемијских једињења, хемијске формуле, мерне јединице и ознаке, изводим закључак да нема подударане текста. Као ментор предложене дисертације, горе наведеног наслова, изјављујем да се може констатовати да аутоматизованом претрагом није утврђено постојање плагијаризма.

У складу са Правилником о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу, а на основу Извештаја о провери оригиналности ове докторске дисертације, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за одбрану може наставити (позитивна оцена).

Датум

10.06.2021.

ПОТПИС МЕНТОРА