

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Даниеле Ж. Поповић, дипл. инж. технологије

Одлуком бр. 35/207 од 12. 09. 2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Даниеле Ж. Поповић, дипл. инж. технологије под насловом

„Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 27. 12. 2012. – кандидат Даниела Ж. Поповић, дипл. инж. технологије пријавила је тему докторске дисертације под називом: „Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “ а Наставно научно веће Технолошко–металуршког факултета у Београду усвојило састав Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.
- 29. 03. 2013. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, донета је одлука о одобравању предлога теме докторске дисертације Даниеле Ж. Поповић, дипл. инж. технологије под називом: „Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “, а за ментора ове докторске дисертације именована је др Јелена Миладиновић, ванредни професор ТМФ–а.
- 19. 04. 2013. – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Даниеле Ж. Поповић дипл. инж. технологије, под називом: „Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “.
- 12. 09. 2014. – На седници Наставно–научног већа Технолошко–металуршког факултета донета је одлука о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Даниеле Ж. Поповић дипл. инж. технологије, под називом:

„Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошког инжењерства за коју је матична установа Технолошко–металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментор др Јелена Миладиновић, ван. проф. ТМФ–а је до сада из ове области публиковала 30 радова у часописима који су на SCI листи, руководила изразом једне одбрањене докторске дисертације и била члан четири комисије одбрањених докторских дисертација. На основу досадашњег искуства, сматрамо да је ментор компетентан да руководи изразом ове дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Даниела Ж. Поповић је рођена 23.08.1975. године у Тузли, Босна и Херцеговина. Основну школу и прву годину гимназије „Меша Селимовић“ завршава 1991. године у Тузли, а након преласка у Београд и „Прву београдску гимназију“ са одличним успехом 1994. године. Дипломирала је 2009. године на Катедри за Неорганску хемијску технологију Технолошко–металуршког факултета, Универзитета у Београду са просечном оценом 7,17 и оценом дипломског рада 10 на тему: „Термодинамичке особине система калијум–хлорид+натријум–хлорид+вода у интервалу температуре од 298,15 K до 474,15 K“. Исте године укључује се волонтерски, у истраживачки рад на Катедри за Неорганску хемијску технологију из области термодинамике раствора електролита. Школске 2010/2011. године уписује докторске студије на Технолошко–металуршком факултету, студијски програм Хемијско инжењерство. Полаже све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,58 и оценом 10 на завршном испиту. Од 2010. године ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ОИ172063 и запослена у Иновационом центру Технолошко–металуршког факултета као истраживач–приправник. У току досадашњег рада кандидат Даниела Ж. Поповић је објавила четири рада у врхунским међународним часописима категорије M21 и два рада у међународним часописима категорије M23 као и четири саопштења са међународних скупова штампана у целини. Служи се енглеским и руским језиком.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Даниеле Ж. Поповић, дипл. инж. технологије садржи 145 страна у оквиру којих се налази 7 поглавља, са укупно 42 слике, 30 табела и 119 литературних навода. Докторска дисертација има следећа поглавља: Увод, Термодинамичке особине раствора електролита, Модели за коефицијенте активности у растворима електролита, Експериментални део, Резултате експерименталних мерења, Обраду и дискусију резултата, Закључак, Литературу и Списак симбола. Поред тога дисертација садржи изводе на српском и енглеском језику.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу „Увод“ је указано на значај вишекомпонентних водених раствора електролита који садрже фосфатни јон као и теоријског и експерименталног изучавања термодинамичких особина ових раствора. Дат је кратак осврт на термодинамичке моделе раствора електролита, који су коришћени током обраде експерименталних података. Истакнут је значај резултата истраживања који се огледа у проширењу базе термодинамичких података за дво– и

трокомпонентне растворе електролита са заједничким калијум јоном: $\{y\text{KCl}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$, $\{y\text{KNO}_3+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ и $\{y\text{KBr}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ на температури 298.15 К.

У поглављу „Термодинамичке особине раствора електролита“ приказан је преглед литературних података за термодинамичке особине двокомпонентних раствора електролита: $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$, $\text{KCl}(\text{aq})$, $\text{KBr}(\text{aq})$ и $\text{KNO}_3(\text{aq})$ као и за трокомпонентне растворе : $\{y\text{KCl}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$, $\{y\text{KNO}_3+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ и $\{y\text{KBr}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ на температури 298.15 К. Такође су наведена разматрања везана за структуру раствора са фосфатним, нитратним и халогеним јонима.

Поглавље „Модел за коефицијенте активности у растворима електролита“ садржи теоријске поставке термодинамичких модела који су коришћени у обради експерименталних резултата. За двокомпонентне растворе електролита приказани су Јон–интеракциони модел Pitzer–а и модел на бази молских удела (Clegg-Pitzer-Brimblecombe-ов модел) а за трокомпонентне растворе електролита, поред ова два модела и модел Scatchard–а. У светлу разматрања могућих интеракција у испитиваним растворима дато је и правило Zdanovskii–ог.

У Експерименталном делу описана је посебно конструисана и унапређена изопиестичка апаратура која се заснива на изједначавању активности растварача у референтном и испитиваним растворима, када је систем у равнотежи на одређеној температури и притиску. Ова апаратура је коришћена за одређивање осмотских коефицијената у системима : $\{y\text{KCl}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$, $\{y\text{KNO}_3+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ и $\{y\text{KBr}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ на температури 298.15 К као и за утврђивање границе растворљивости у систему $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$ на $T = 298,15$ К. За одређивање молалности основних раствора дат је приказ коришћених класичних аналитичких метода.

Поглавље „Резултати експерименталних мерења“ садржи резултате изопиестичких одређивања осмотских коефицијената двокомпонентних раствора електролита: $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$, $\text{KBr}(\text{aq})$ и $\text{KNO}_3(\text{aq})$, у широком опсегу концентрација раствора, као и резултате за молалност zasiћеног раствора $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$ у равнотежи са метастабилним обликом $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{cr})$ и стабилним обликом соли $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{cr})$ на температури 298,15 К, добијене применом изопиестичке методе. Надаље, ово поглавље садржи и резултате експерименталног одређивања осмотских коефицијената у трокомпонентним растворима: $\{y\text{KCl}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$, $\{y\text{KNO}_3+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ и $\{y\text{KBr}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ на температури 298.15 К.

Поглавље „Обрада и дискусија резултата“ садржи више целина. Применом Јон–интеракционог модела Pitzer–а и модела на бази молских удела на осмотске коефицијенте двокомпонентних раствора: $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$, $\text{KBr}(\text{aq})$ и $\text{KNO}_3(\text{aq})$ на температури 298,15 К одређене су и кориговане вредности параметара примењених модела, у широком опсегу концентрација раствора и разматрани резултати обраде података кроз вредности стандардних девијација. За раствор $\text{K}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$, у равнотежи са метастабилним обликом $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{cr})$ и стабилним обликом соли $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{cr})$, одређена је молалност при zasiћењу као и осмотски коефицијент на температури 298,15 К те експериментални резултати дискутовани у светлу података из литературе.

Вредности осмотских коефицијената трокомпонентних раствора електролита: $\{y\text{KCl}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$, $\{y\text{KNO}_3+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ и $\{y\text{KBr}+(1-y)\text{K}_2\text{HPO}_4\}(\text{aq})$ на температури 298.15 К су обрађени применом Јон–интеракционог модела Pitzer–а, модела на бази молских удела (Clegg-Pitzer-Brimblecombe-ов модел) као и модела Scatchard–а. Разматране су вредности параметара мешања сваког од модела и стандардне девијације фитовања података као и могућност да се понашање коефицијената активности испитиваних система у функцији јонске јачине раствора предвиди и корелише одабраним термодинамичким моделима. У светлу могућих јонских интеракција, које се јављају приликом мешања два електролита разматрани су и доприноси чланова за електростатичке интеракције вишег реда у Јон–интеракционом моделу и моделу на бази молских удела који зависе од концентрације раствора на одређеној температури и притиску.

На основу одређених вредности параметара модела за дво- и трокомпонентне растворе електролита прорачунати су средњи јонски коефицијенти активности електролита у функцији јонске јачине раствора и удела јонске јачине електролита. С тим у вези, на основу прегледа литературе о могућим врстама интеракција типа јон-јон и јон-растварач у испитиваним растворима на основу резултата спектроскопске анализе разматрано је понашање средњег јонског коефицијента активности K_2HPO_4 у системима $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ и $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ као и понашање средњих јонских коефицијената активности и KCl , KNO_3 и KBr у претходно наведеним системима.

У делу где су размотрени изопиестички резултати мерења молалности електролита у трокомпонентним воденим растворима у равнотежи са двокомпонентним растворима, као конституентима, проверено је правило Zdanovskii-ог и утврђено да сва три испитивана трокомпонентна система припадају групи раствора електролита са умереним интеракцијама и одступањем од идеалности.

У поглављу Закључак, сумирани су закључни коментари резултата добијених у овој докторској дисертацији уз образложење научног доприноса. На крају дисертације наведена је Литература где су наведене све референце према редоследу појављивања у тексту дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Експериментално одређивање термодинамичких особина вишекомпонентних раствора електролита као и развијање и примена модела за предвиђање и корелисање истих представљају актуелна истраживања у сфери хемијске термодинамике. Калијумове соли фосфорне киселине, имају комерцијалан значај јер се јављају као компоненте пуферских система, као ђубрива а врло често и као адитив храни за спречавање коагулације протеина. Подаци за термодинамичке особине раствора ових соли као и мешаних раствора који садрже и друге соли са заједничким калијум јоном су врло оскудни у литератури те резултати експерименталних истраживања и процена параметара примењених модела у обради резултата представљају значајан допринос у проширењу постојеће базе података.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је цитирано укупно 119 референци. Поред радова који представљају основу за примењене експерименталне технике у циљу одређивања осмотских коефицијената и растворљивости у испитиваним системима као и за примењене термодинамичке моделе, детаљно су истражени сви доступни радови о термодинамичким особинама двокомпонентних раствора, као конституената мешаних. Надаље, разматране су и референце које се односе на савремена истраживања могуће структуре испитиваних раствора и интеракција типа јон-јон и јон-растварач. У делу који се односи на резултате и дискусију, референтну литературу представљају научни радови објављени у последњих неколико година што доприноси актуелности ове докторске дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Експериментална изопиестичка мерења изведена су на посебно конструисаној и адаптираној апаратури која даје врло прецизне резултате за осмотске коефицијенте испитиваних раствора електролита. Заснива се на принципу постизања изопиестичке равнотеже када сви раствори имају исту активност растварача на одређеној температури и притиску. За контролисање температуре мерења примењен је урањајући НААКЕ-ов термостат са тачношћу $\pm 0,01$ К а за мерења масе испитиваних раствора Mettler Toledo вага са прецизношћу $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ g. За остваривање вакуума у комори са растворима коришћена је ротациона пумпа Edwards E2M8

(максимални вакуум до $3 \cdot 10^{-2}$ mbar). Уравнотежавањем узорака раствора са референтним раствором чија је активност позната у функцији молалности, могу се одредити активности осталих раствора у равнотежи. Ова апаратура је коришћена и за утврђивање границе растворљивости у систему $K_2HPO_4(aq)$ на $T = 298,15$ К. За одређивање молалности основних раствора, који су конституенти мешаних, коришћене су класичне аналитичке методе.

Моделовање термодинамичких особина испитиваних раствора обухватало је корелисање вредности осмотских коефицијената бинарних система као и корелисање и предвиђање особина трокомпонентних раствора помоћу Јон–интеракционог модела Pitzer–а, модела на бази молских удела (Clegg-Pitzer-Brimblecombe-ов модел) као и модела Scatchard–а. Коришћени термодинамички модели развијени су у програмском пакету Matlab.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати остварени у оквиру ове докторске дисертације имају значај са аспекта проширења термодинамичке базе експерименталних података како за осмотске коефицијенте двокомпонентних система: $K_2HPO_4(aq)$, $KBr(aq)$ и $KNO_3(aq)$ тако и за трокомпонентне системе који садрже калијум–хидрогенфосфат. Надаље, испитана је фазна равнотежа течност–чврсто у систему $K_2HPO_4(aq)$ на температури 298,15 К. Одређени су средњи јонски коефицијенти активности електролита у системима: $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$. Анализиране су сложене интеракције типа јон–јон и јон–растварач које доприносе бољем разумевању и објашњењу структуре испитиваних раствора. Испитана је и анализирана применљивост различитих термодинамичких модела за предвиђање и прорачун термодинамичких особина испитиваних система. Сви наведени параметри су од значаја за управљање, пројектовање, симулацију и моделовање технолошких поступака производње и уређаја у хемијској индустрији а нарочито у технологији неорганских соли.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Даниела Ж. Поповић, дипл. инж. технологије је према мишљењу Комисије показала велику стручност у припреми и реализацији експеримената, моделовању добијених резултата и примени нумеричких техника и метода. Током израде ове докторске дисертације испољила је неопходне способности за квалитетан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Истраживања остварена у оквиру ове докторске дисертације дала су вишеструко значајан научни допринос, при чему се може издвојити следеће:

- Проширена је термодинамичка база података новим, поузданим експерименталним резултатима за осмотске коефицијенте двокомпонентних система: $K_2HPO_4(aq)$, $KBr(aq)$ и $KNO_3(aq)$ као и трокомпонентних система $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ на температури 298,15 К,
- одређена је молалност засићеног раствора $K_2HPO_4(aq)$ на температури 298,15 К у равнотежи са метастабилним обликом $K_2HPO_4 \cdot xH_2O(cr)$ и стабилним обликом соли $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O(cr)$,
- утврђена је применљивост различитих термодинамичких модела за предвиђање и корелисање термодинамичких особина дво– и трокомпонентних испитиваних раствора електролита,
- одређени су нови, интеракциони параметри модела на основу којих је било могуће одредити вредности средњих јонских коефицијената активности електролита у испитиваним системима,

- анализирани су сложене интеракције типа јон–јон и јон–растварач које су допринеле бољем разумевању и објашњењу структуре испитиваних раствора,
- применом правила Zdanovskii-ог, утврђено је да сви испитивани трокомпонентни раствори припадају групи са умереним одступањима од идеалности.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације су конципирана након детаљне анализе литературних података о термодинамичким особинама вишекомпонентних раствора који садрже калијум–хидрогенфосфат. Прегледом литературе утврђено је да су термодинамичке особине ових система веома мало испитане.

Имајући у виду ову чињеницу, започета су експериментална истраживања осмотских коефицијената како двокомпонентних тако и трокомпонентних система. Веома прецизна мерења су довела до проширивања базе података за коефицијенте активности $K_2HPO_4(aq)$, $KBr(aq)$, $KNO_3(aq)$, $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ и $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ на температури 298,15 К. У циљу даљег истраживања коришћена је изопиестичка апаратура за утврђивање карактера равнотеже течно–чврсто у систему $K_2HPO_4(aq)$ на температури 298,15 К, када је установљено да чврсту фазу може представљати метастабилни облик $K_2HPO_4 \cdot xH_2O(cr)$ при молалности засићеног раствора $m < 10,6 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ или стабилан облик $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O(cr)$ при молалности засићеног раствора $m = 9,7509 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

С обзиром на то да је испитиван већи број трокомпонентних система са заједничким калијум јоном, било је могуће тестирати различите типове емпиријских модела са различитим бројем параметара мешања у обради експерименталних резултата. Утврђена је применљивост различитих термодинамичких модела за предвиђање и корелисање термодинамичких особина раствора електролита. На основу одређених вредности параметара мешања било је могуће прорачунати вредности средњих јонских коефицијената активности K_2HPO_4 , KCl , KNO_3 и KBr у системима $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$, $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ и $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ за широк опсег јонских јачина раствора и уделе јонске јачине електролита. На основу ових вредности могао се стећи увид у сложену структуру и могуће интеракције у испитиваним растворима. Утврђено је да јони $Cl^-(aq)$ и $Br^-(aq)$ дестабилизују структуру раствора те са порастом удела јонске јачине KCl и KBr у системима $\{yKCl+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ и $\{yKBr+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$ до изражаја долазе интеракције типа јон–јон. Јон $NO_3^-(aq)$ спада у групу јона који дестабилизују структуру али су у воденим растворима овог електролита израженије интеракције јон–растварач као и у систему $\{yKNO_3+(1-y)K_2HPO_4\}(aq)$. Фосфатни јони, $HPO_4^{2-}(aq)$, који су присутни у свим трокомпонентним растворима, спадају у групу јона који стабилизују структуру раствора и њихов утицај на коефицијенте активности у сва три система је знатно слабији у односу на утицај $Cl^-(aq)$, $Br^-(aq)$ и $NO_3^-(aq)$ јона.

4.3. Верификација научних доприноса

Из докторске дисертације кандидата Даниела Ж. Поповић дипл. инж. технолохије проистекла су три рада објављена у врхунским међународним часописима категорије M21 и један рад објављен у међународном часопису категорије M23.

1. Категорија M21

1.1. Daniela Z. Popović, Jelena Miladinović, Milica D. Todorović, Milorad M. Zrilić, Joseph A. Rard » Isopiestic determination of the osmotic and activity coefficients of the $\{y KCl + (1 - y) K_2HPO_4\}(aq)$ system at $T = 298.15 \text{ K}$ «, *Journal of Chemical Thermodynamics*, vol. 43, no. 12, pp. 1877-1885, 2011 (IF= 2.422) (ISSN 0021-9614) (Thermodynamics 6/52)

1.2. Daniela Z. Popović, Jelena Miladinović, Zoran P. Miladinović, Branislav B. Ivošević, Milica D. Todorović, Joseph A. Rard » Isopiestic determination of the osmotic and activity coefficients of

the $\{y \text{ KNO}_3 + (1 - y) \text{ K}_2\text{HPO}_4\}$ (aq) system at $T = 298.15 \text{ K}$ », *Journal of Chemical Thermodynamics*, vol. 55, pp.172-183, 2012 (IF= 2.297) (ISSN 0021-9614) (Thermodynamics 9/55)

1.3. Daniela Z. Popović, Jelena Miladinović, Zoran P. Miladinović, Snežana R. Grujić, Milica D. Todorović, Joseph A. Rard » Isopiestic determination of the osmotic and activity coefficients of the $\{y \text{ KBr} + (1 - y) \text{ K}_2\text{HPO}_4\}$ (aq) system at $T = 298.15 \text{ K}$ », *Journal of Chemical Thermodynamics*, vol. 62, pp. 151-161, 2013 (IF= 2.422) (ISSN 0021-9614) (Thermodynamics 9/55)

2. Категорија M23

2. 1. Daniela Z. Popović, Jelena Miladinović, Milica D. Todorović, Milorad M. Zrilić, Joseph A. Rard » Isopiestic Determination of the Osmotic and Activity Coefficients of K_2HPO_4 (aq), Including Saturated and Supersaturated Solutions, at $T = 298.15 \text{ K}$ », *Journal of Solution Chemistry*, vol. 40 , no. 5, pp. 907-920, 2011(IF=1.415) (ISSN 0095-9782) (Chemistry, Physical 90/134)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног, Комисија сматра да је докторска дисертација Даниеле Ж. Поповић дипл. инж. технологије, под називом: „Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “ остварила циљеве истраживања и да представља значајан и оригиналан научни допринос у области технолошког инжењерства што је потврђено објављивањем радова у врхунским међународним часописима.

Комисија предлаже Наставно–научном већу Технолошко-металуршког факултета да се докторска дисертација под називом: „Коефицијенти активности у трокомпонентним воденим растворима електролита са заједничким калијум јоном на $T = 298,15 \text{ K}$ “ Даниеле Ж. Поповић дипл. инж. технологије, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да се након завршетка ове процедуре, кандидат позове на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Јелена Миладиновић,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Проф. др Снежана Грујић,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Зоран Миладиновић, научни сарадник
Научни сарадник, Институт за општу и физичку хемију