

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ
Београд

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
Кристине Стевановић, мастер физикохемичара

На IX редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Факултета за физичку хемију, одржаној 14.06.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Кристине Стевановић, мастер физикохемичара, под насловом:

„АНАЛИЗА ДОПРИНОСА ХЕТЕРОГЕНИХ ПРОЦЕСА У ОКСИДАЦИОНОЈ ГРАНИ БРЕЈ-ЛИБХАФСКИ ОСЦИЛАТОРНЕ РЕАКЦИЈЕ ”

На основу прегледа и анализе докторске дисертације кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација кандидата мастер физикохемичара Кристине Стевановић је написана на 86 страна у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Садржи насловне странице на српском и енглеском језику (2 стране), страницу са информацијама о менторима и члановима комисије (1 страна), захвалницу (1 страна), странице са подацима о докторској дисертацији на српском и енглеском језику (2 стране), садржај (3 стране). Текст рада по поглављима је подељен на: **Увод у проблематику** (24 стране), **Циљ рада** (1 страна), **Експериментални део** (10 страна), **Резултати и дискусија** (34 стране), **Закључак** (1 страна), **Литература** (5 страна) и **Прилози** (Изођења формула и прорачуни (5 страна), Научни допринос кандидата у виду списка радова проистеклих из докторске дисертације (1 страна), Биографија кандидата (1 страна), као и додатне

прилоге прописане правилима Универзитета о подношењу докторске дисертације на одобравање (4 стране)). Докторска дисертација садржи 31 слику, 7 табела и 115 референци, које су наведене по редоследу појављивања у тексту.

У делу **Резиме** је на српском и енглеском језику, укратко представљена проблематика којом се дисертација бави.

У поглављу **Увод у проблематику** су представљени основни појмови и феномени који су важни за проблематику обухваћену докторском дисертацијом. Најпре су описане Бреј-Либхафски (БЛ) хемијска осцилаторна реакција и реакција оксидације јода водоник-пероскидом у киселој средини. Дат је преглед литературе везано за реакцију оксидације јода као главни предмет истраживања ове дисертације. Потом је дат кратак опис Дашманове реакције и реакције водоник-пероксида са јодидним јонима са циљем њихове примене у сврху развијања специфичне методе одређивања концентрације јодатних јона у присуству водоник-пероксида. Након тога су описани феномени суперсатурације кисеоником и нуклеације гасне фазе из течне. Поред тога, дефинисани су основни термодинамички и кинетички параметри за описивање хемијских реакција, са посебним освртом на Латимерове дијаграме, као погодним приказом стандардних редукционих потенцијала хемијских врста које могу учествовати у укупном процесу.

Циљ рада. Циљ истраживања ове докторске дисертације је изучавање механизма реакције оксидације јода водоник-пероксидом, као мање испитаног и недовољно разјашеног подсистема БЛ реакције.

У поглављу **Експериментални део** најпре су наведене хемикалије које су коришћене у експериментима. Потом су описане потенциометријска метода и спектроскопија ултраљубичастиг зрачења и видљивог зрачења (УЉ/ВИД спектрофотометријска метода) као две главне методе коришћене у оквиру експерименталног рада обухваћеног дисертацијом. Након тога детаљно су описане две експерименталне поставке коришћене у раду: експериментална поставка за кинетичко раздававање реакција јодат/јодид и водоник-пероксид/јодид и одређивање степена конверзије јода у јодат на крају реакције оксидације јода помоћу stopped-flow додатка и експериментална поставка за праћење саме реакције оксидације јода водоник-пероксидом (само потенциометријски или и спектрофотометријски). На крају су детаљно описане експерименталне процедуре за све групе експеримената којих је у оквиру ове дисертације било укупно четири.

У поглављу **Резултати и дискусија** у оквиру четири главна дела приказани су резултати за сваку групу експеримената, уз њихову паралелну дискусију у складу са подацима из литературе. У оквиру првог дела овог поглавља, описан је развој нове методе за одређивање концентрације јодата (као продукта реакције оксидације јода) у присуству водоник-пероксида. Други део односи се на резултате експеримената истовременог праћења реакције оксидације јода водоник-пероксидом, потенциометријски и спектрофотометријски, на 27 °C и без механичког мешања

током реакције. У складу са добијеним резултатима и на основу конструисаног Латимеровог дијаграма јодних и кисеоничних врста у киселим растворима, анализиране су термодинамичке баријере за оксидацију различитих јодних врста. Такође је одређен степен конверзије јода у јодат на крају сваког експеримента. У оквиру трећег дела овог поглавља испитиван је ефекат механичког мешања на реакцију оксидације јода водоник-пероксидом, на 19 °С, 23 °С и 27 °С при истим почетним концентрацијама као у експериментима без мешања. Ефекат стохастичности резултата, настао увођењем механичког мешања, дискутован је у складу са настанком нуклеуса различитих величина при различитим пресићењима раствора гасом. У четвртом делу, под претпоставком укључености нуклеационих процеса у механизам, испитан је ефекат додатка честица инертног стакла (провидног и тамног) на дужину индукционог периода реакције оксидације јода водоник-пероксидом у експериментима са механичким мешањем и израженом стохастиком. Реакција је праћена потенциометријски на 19 °С и 27 °С, као двема граничним температурама на којима је испитиван ефекат мешања. Као и у другом делу поглавља, у оквиру трећег и четвртог је, такође, одређен степен конверзије јода у јодат на крају реакције, применом методе заустављеног протока (stopped-flow).

У делу **Закључак** су сумирани сви закључци добијени из експерименталних резултата и њихових анализа приказаних у докторској дисертацији.

Б. Опис резултата тезе

У оквиру првог дела овог поглавља дати су резултати развоја и примене stopped-flow методе за кинетичко раздвајање реакција јодата и водоник-пероксида са јодидним јонима у вишку. Основни проблем при класичној титрацији јодата у присуству водоник-пероксида је што обе компоненте реагују са јодидима и стварају I_2 па их је тешко разликовати на овај начин. Наведеном stopped-flow методом је испитана брзина реакције титрације чистих компонената детекцијом титрационих продуката, I_2 и I_3^- , спектрофотометријски (након брзог мешања у кивети stopped-flow додатка), на две различите киселости. За обе киселости урађено је 18 експеримената (три серије по шест експеримената). Показано је да је, при датим експерименталним условима, реакција јодата и јодида много бржа од реакције водоник-пероксида са јодидним јонима што је отворило могућност за кинетичко разликовање титрационих продуката ових двеју реакција. Анализом добијених резултата показано је да се применом методе зауставног протока, за дате реакционе услове чак и у присуству водоник-пероксида може одредити концентрација јодата са задовољавајућом тачношћу. Степен раздвајања титрационих продуката ове две реакције је бољи што је однос почетних концентрација јодата и водоник-пероксида већи, као и при већој киселости раствора.

После развоја stopped-flow методе за одређивање концентрације јодата, реакција оксидације јода водоник-пероксидом је праћена истовремено потенциометријски и спектрофотометријски на 27 °С и у одсуству механичког мешања. У складу са литературним подацима, обе врсте мерења показале су да

процесу брзе оксидације јода претходи индукциони период у коме се не могу спектрофотометријски детектовати промене концентрације јода и значајне промене потенцијала платинске електроде. Наведени експериментални услови изабрани су са циљем што већег скраћивања индукционог периода. Урађено је пет понављања експеримената при чему су индукциона времена била уско сконцентрисана око средње вредности. Поред потенциометријских и спектрофотометријских мерења, праћена је и промена температуре система током одигравања реакције оксидације јода водоник-пероксидом применом температурског сензора. Мерења су показала да под датим условима, нема значајне промене температуре у реакционом систему.

Да би се боље разумео индукциони период реакције извршена је термодинамичка анализа једноелектронских редокс процеса компонената реакције помоћу приказаног Латимеровог дијаграма. Највећа термодинамичка баријера се може приписати оксидацији хипојодне киселине НЈО. Једноелектронски ступањ оксидације НЈО до ЈО• радикала има термодинамичку баријеру од 2.3 eV, и овај процес се може одвијати спонтано уз помоћ високо реактивних ОН• радикала. Последично, у одсуству ефикасног иницијатора производње ових радикалских врста, оксидација НЈО је спор процес што се манифестује кроз постојање индукционог периода који претходи реакцији оксидације јода.

На крају сваког експеримента, применом методе зауставног протока, развијене у оквиру првог дела резултата одређен је степен конверзије јода у јодат водоник-пероксидом. И поред постојања индукционог периода, добијено је да се, за наведене услове, готово сав јод конвертује у јодат. Истим методом одређена је концентрација јодата у различитим временима реакције и нађено је да се близу 55% јода оксидује у првих неколико минута после индукционог периода.

Трећи део добијених резултата односио се на испитивање ефекта механичког мешања. Реакција оксидације јода водоник-пероксидом праћена је потенциометријски на 19 °C, 23 °C и 27 °C за услове са и без механичког мешања система. За сваку групу експеримената урађено је шест понављања. Добито је да укључивање само благог механичког мешања од $\sigma = 120$ obrtaja/min, при истим почетним концентрацијама реактаната, има знатан ефекат на дужину индукционог периода, а одступања појединачних резултата једних од других су чак била до неколико сати. Табеларно и графички приказане су вредности индукционих времена, за све наведене експерименталне услове, а такође су израчунате и стандардне девијације резултата. Такође, графички је приказана и зависност степена конверзије јода у јодат на крају реакције од дужине индукционог периода, где је показано да, без обзира на велику стохастичност индукционих периода, вредности степена конверзије опадају по одређеној правилности са повећањем вредности индукционих времена.

Велику стохастичност резултата у присуству мешања, у систему врло једноставног почетног састава, могуће је арбитрарно повезати са стварањем нуклеуса гасне фазе из пресићених раствора. Последица термодинамичког описа процеса

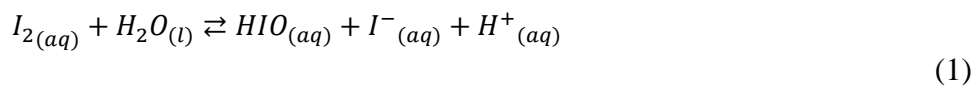
стварања нуклеуса је да енергија (самим тим и величина) нуклеуса зависи од пресићености раствора, у односу на равнотежну концентрацију. На већим пресићењима, стварање нуклеуса је повезано са мањом енергетском баријером процеса, док је при мањим пресићењима настанак већих нуклеуса повезан са већим енергијама активације. Због тога је у условима слабе пресићености, мања и верованоћа за настанак великих нуклеуса нове фазе. Како мешање неминовно смањује преисићеност раствора кисеоником, ови експерименти показују и већу стохастичност резултата. Иако уочена стохастичност резултата може да се формално повеже са нуклеацијом нове фазе у систему, енергетско спрезање са реакцијом оксидације није јасна. На основу претраге литературе, одговор на ово питање се потражио кроз процесе колапса нуклеуса који су у нестабилној термодинамичкој равнотежи са околним раствором. Овај процес је праћен локалним ослобађањем енергије које би могло допринети превазилажењу енергетске баријере за оксидацију јода уз веома мале температурске промене у маси раствора.

Како увођење нуклеационих процеса у механизам реакције оксидације јода водоник-пероксидом није досад разматрано, у четвртом делу резултата ова претпоставка је додатно наглашена додатком инертних честица стакленог праха. Честице стакла (провидног и тамног) додаване су у експериментима са присуством механичког мешања који су имали велику стохастичност. Мерења су вршена потенциометријски на 19 и 27 °C и за сваку температуру урађено је седам понављања. Брзина мешања била је идентична као у претходним експериментима ($\sigma = 120 \text{ obrt/min}$), док је маса додаваног стакленог праха била 0,2 g. Вршени су експерименти са две врста стакла, провидног и тамног, како би се елиминисао потенцијални утицај састава стакла на механизам реакције. Главни и веома упадљив ефекат додатка честица инертног стакла је значајно смањење стохастичности резултата и скраћивање индукционих периода реакције, чак и у присуству механичког мешања. И ефекти мешања и ефекти изазвани додатком инертног праха стакла указали су на могућу спрегу нуклеационих и хемијских процеса у реакционом механизму уколико постоје одговарајући услови.

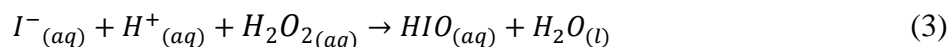
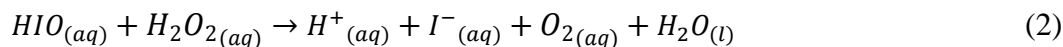
Добијени резултати могу послужити за детаљнију анализу процеса и у другим системима у којима долази до издвајања нове фазе.

В. Упоредна анализа резултата дисертације са резултатима из литературе

Либхафски је први испитивао реакцију оксидације јода водоник-пероксидом [1,2]. Иако се на основу почетног састава реакционе смесе (јод, водоник-пероксид и сумпорна киселина) чини једноставна, реакција између јода и водоник-пероксида има веома сложен механизам, који обухвата мноштво ступњева и интермедијерних врста. На то је први указао Либхафски претпоставком да јод не реагује директно са водоник-пероксидом, него посредством његове мање стабилне врсте НИО. Ова врста настаје у иницијалном процесу диспропорционације јода (1) у којем се, због изузетно мале вредности константе равнотеже ($\approx 10^{-9}$), сви продукти налазе у растворном облику [3]:



Једна од главних карактеристика реакције оксидације јода водоник-пероксидом је та да реакцији претходи индукциони период, током којег долази једино до каталитичке разградње водоник-пероксида, док концентрација јода остаје скоро непромењена [3]. У току индукционог периода, поред реакције (1), одвијају се и реакције (2) и (3):



које заједно одржавају концентрацију I^- и HIO на ниском нивоу.

У условима који одговарају БЛ реакцији, још је Либхафски уочио да индукциони период на временској скали може имати вредности од неколико минута, па до чак неколико сати. Због тога је реакција оксидације јода водоник-пероксидом углавном испитивана у присуству додатних компонената, као што су јони IO_3^- , Ag^+ , Hg^{2+} и Tl^+ [2-4], јер се сматрало да скраћују индукциони период, одржавањем концентрације јодида у реакционој смеси на ниском нивоу. Иако је са практичне стране гледишта овај начин испитивања реакције погоднији, додаток нових врста у систем доводи и до нових реакција, које могу маскирати одређена динамичка својства основног процеса. Олексова и сарадници били су међу првима који су реакцију оксидације јода водоник-пероксидом систематски испитивали без додатних компоненти које би скраћивале индукциони период [5]. Испитивали су утицај различитих параметара на дужину индукционог периода као што су: величина међуфазне површине, почетне концентрације реактаната, присуство светлости и механичког мешања. Оно што је битно, указали су на потенцијалну важност кисеоника на ток реакције кроз експерименте у којима је мењана брзина изласка гасне фазе из реакционе смесе променом брзине мешања и величине међуфазне површине. Пре истраживачке групе из Словачке, битну улогу гасовитог кисеоника у механизму ове, али и саме БЛ осцилаторне реакције истакао је Нојс [6]. Иако уочени ефекти формирања гасне фазе на индукциони период реакције указују на могућу улогу хетерогених ефеката у укупном процесу, они нису разматрани у разјашњавању детаља реакционог механизма. Утицај гасовитог кисеоника на реакцију оксидације јода водоник-пероксидом испитивао је и Шмиц једноставним продувавањем целог система, где је ефекат на индукциони период био исти као и ефекат механичког мешања, односно без убрзања процеса [7]. Ови резултати као и ефекти које је добила група истраживача из Словачке, су указивали да кисеоник није једноставан реакциони производ и да су потребна додатна истраживања о његовом утицају на динамику процеса.

Иако се сматра да се оксидацијом водоник-пероксидом сав јод преводи у јодат, степен конверзије јода у јодат на крају реакције до сада је испитивао једино

Фуроу [3]. Таложеем са сребрним јонима у вишку кроз однос исталоженог сребро-јодата и сребро-јодида он је заправо одређивао однос јодата и јодида у систему на крају реакције. Иако присуство сребрних јона може имати пертурбујући ефекат на постојећу равнотежу јода и осталих кисеоничних врста у систему, Фуроу је ипак добио висок степен конверзије од 86%.

Постојање индукционог периода који претходи самој реакцији говори да за превођење јода у виша оксидациона стања постоји одређена енергетска баријера. С друге стране реакција оксидације јода периодично доминира у БЛ осцилаторној реакцији. Сходно томе, реакција оксидације јода водоник-пероксидом може бити започета неком (специфичном) прерасподелом енергије у систему која омогућује стварање реактивних врста. Експериментално су детектоване периодичне промене на НМР сигналу воде током осцилаторне БЛ реакције као и периодично побуђивање водоник-пероксида, што указује на могућу прераспodelу енергије у систему [8,9]. Такође, показано је и да непосредно пре оксидационе гране долази до продукције високоенергетских слободних радикала [10].

Висок степен аутокаталитичке конверзије јода у јодат потврђен је у раду кандидата наменски развијеном техником брзе титрације јодата методом заустављеног протока (stopped flow). Изузетна стохастичност дужина индукционих периода реакције са средњом вредношћу и стандардном девијацијом мереном у сатима и могућност инертних честица стакленог праха да сведу средње вредности и одступања резултата на ниво од неколико минута, објављена у радовима кандидата, указује на важност хетерогених процеса у реакционом механизму. Овим истраживањима отворено је и важно питање могућности спрезања нуклеације кисеоника са енергетски захтевним процесом оксидације јода у виша оксидациона стања. Како је у досадашњој литератури, процес оксидације јода водоник-пероксидом описиван само преко хемијских процеса, сматрамо да ће резултати кандидата допринети детаљнијем разумевању механизма посматраног процеса.

Литература наведена у упоредној анализи:

[1] H. A. Liebhafsky, Reactions involving hydrogen peroxide, iodine and iodate ion. I. introduction, *Journal of American Chemical Society*, 53 (1931) 38-44.

[2] H. A. Liebhafsky, The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by the iodine-iodide couple. II and III. The rate of oxidation in neutral, and in acid, solution of hydrogen peroxide by iodine, *Journal of American Chemical Society*, 54 (1932) 3499–3508.

[3] S. Furrow, Reactions of iodine intermediates in iodate-hydrogen peroxide oscillators, *Journal of Physical Chemistry*, 91 (1987) 2129–2135.

[4] G. Schmitz, The oxidation of iodine to iodate by hydrogen peroxide, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 3 (2001) 4741–4746.

- [5] A. Olexová, M. Mrákavová, M. Melicherčík, L. Treindl, The autocatalytic oxidation of iodine with hydrogen peroxide in relation to the Bray-Liebhafsky oscillatory reaction, *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 71 (2006) 91–106.
- [6] J. A. Odutola, C. A. Bohlander, R. M. Noyes, Chemical oscillations and instabilities. 44. Iodide ion measurements on the oscillatory iodate-peroxide system, *Journal of Physical Chemistry*, 86 (1982) 818–824.
- [7] G. Schmitz, Iodine oxidation by hydrogen peroxide and Bray-Liebhafsky oscillating reaction: effect of the temperature, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 13 (2011) 7102–7111.
- [8] D. Stanisavljev, N. Begović, Z. Žujović, D. Vučelić, G. Bačić, H NMR monitoring of water behavior during the Bray–Liebhafsky oscillatory reaction, *Journal of Physical Chemistry A*, 102 (1998) 6883–6886.
- [9] D. R. Stanisavljev, Energy dynamics in the Bray–Liebhafsky oscillatory reaction, *Journal of Physical Chemistry A*, 114 (2010) 725–729.
- [10] D. R. Stanisavljev, M. C. Milenković, A. D. Popović-Bijelić, M. D. Mojović, Radicals in the Bray–Liebhafsky oscillatory reaction, *Journal of Physical Chemistry A*, 117 (2013) 3292–3295

Г. Научни радови и саопштења у којима су публиковани резултати из докторске дисертације

Резултати докторске дисертације кандидата Кристине Стевановић публиковани су у виду 1 рада у врхунском међународном часопису (M21), 2 рада у истакнутим међународним часописима (M22), 1 рада у међународном часопису (M23), 2 саопштења на скуповима међународног значаја штампана у целини (M33) и 2 саопштења на скуповима међународног значаја штампана у изводу (M34).

M 21 – Рад у истакнутом међународном часопису високог значаја

1. **K. Stevanović**, I. N. Bujanja, D. Stanisavljev, Is Iodine Oxidation With Hydrogen Peroxide Coupled With Nucleation Processes?, Journal of Physical Chemistry C, 123 (2019) 16671-16680. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jpcc.9b02563>

M 22 – Рад у истакнутом међународном часопису

1. D. Stanisavljev, **K. Stevanović**, I. N. Bujanja, Outsized stochasticity of iodine oxidation with hydrogen peroxide and its implications on the reaction mechanism, Chemical Physics Letters, 706 (2018) 120-126.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009261418304548>

2. **K. Stevanović**, I. N. Bujanja, D. Stanisavljev, Domination of thermodynamically demanding oxidative processes in reaction of iodine with hydrogen peroxide, Chemical Physics Letters, 684 (2017) 257-261.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009261417306188>

M 23 – Рад у међународном часопису

1. D. Stanisavljev, I. N. Bujanja, **K. Stevanović**, Determination of iodate ion in the presence of hydrogen peroxide with the stopped-flow technique, Reac Kinet Mech Cat, 118 (2016) 143-151. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11144-016-0977-x>

M 33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целисти

1. **K. Stevanović**, I. N. Bujanja, D. Stanisavljev, „Reducing mixing effects with glass powder in Bray-Liebhafsky oscillatory reaction “, 14th International Conference on

Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry (PHYSICAL CHEMISTRY 2018), Belgrade, Serbia, September 24-28, 2018, Proceedings Vol. I, 341-344.

2. **K. Stevanović**, D. Stanisavljev, I. N. Bujanja, „Stopped-flow determination of iodate produced in iodine oxidation with hydrogen peroxide“, 13th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry (PHYSICAL CHEMISTRY 2016), Belgrade, Serbia, September 26-30, 2016, Proceedings Vol. I, 259-262.

M 34 –Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **K. Stevanović**, I. N. Bujanja, D. Stanisavljev, Coupling between nucleation and chemical process in iodine oxidation reaction, 38th Dynamics Days Europe, Loughborough, United Kingdom, September 3-7, 2018, Book of Abstracts, 12.

2. **K. Stevanović**, D. Stanisavljev, The application of stopped-flow technique for investigation of reaction dynamics of iodine oxidation with hydrogen peroxide, 37th Dynamics Days Europe, Szeged, Hungary, June 5-9, 2017, Book of Abstracts, 89.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Анализа доприноса хетерогених процеса у оксидационој грани Бреј-Либхафски осцилаторне реакције“, аутора Кристине Стевановић констатујемо да утврђено подударање текста износи 4%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. Општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Б. Закључак комисије

На основу изложеног комисија закључује да резултати кандидата мастер физикохемичара Кристине Стевановић приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају оригиналан и значајан научни допринос области физичке хемије, посебно њеним ужим научним областима хемијској кинетици и динамици нелинеарних осцилаторних процеса. Део резултата докторске дисертације кандидата публикован је у виду једног рада штампаног у врхунском међународном часопису (M21), два рада штампана у истакнутим међународним часописима (M22) и једног рада штампаног у међународном часопису (M23), као и у виду 2 саопштења на скуповима међународног значаја штампана у целини (M33) и 2 саопштења на скуповима међународног значаја штампана у изводу (M34). Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију мастер физикохемичара Кристине Стевановић под насловом: „**Анализа доприноса хетерогених процеса у оксидационој грани Бреј-Либхафски осцилаторне реакције**” и предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Факултета за физичку хемију да је прихвати и одобри њену јавну одбрану, чиме би били испуњени сви услови да кандидат стекне звање доктор физикохемијских наука.

У Београду, 26. 07. 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Љиљана Колар-Анић, професор емеритус
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

др Итана Нуша Бубања, асистент са докторатом и научни сарадник
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

др Маја Милојевић-Ракић, доцент
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

др Жељко Чупић, научни саветник
Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију
и металургију, Центар за катализу и хемијско инжењерство

др Ана Станојевић, доцент
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију