

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај комисије за преглед и оцену докторске дисертације **Николине Р. Радојковић**, мастер хемичара, студента докторских студија на Хемијском факултету Универзитета у Београду и истраживача-сарадника Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета, Универзитета у Београду, одржаној 09.07.2026. године, (одлука бр. 95/7), изабрани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидаткиње **Николине Р. Радојковић**, мастер хемичара, студента докторских студија на Хемијском факултету Универзитета у Београду и истраживача-сарадника Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, под насловом:

**„Двослојни злато-поли(*N*-изопропилакриламид)/поли(винил-алкохол)
нанокомпозити као фотоактуатори”**

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду дало је сагласност о прихватању теме докторске дисертације на седници одржаној 25.05.2023. године (одлука бр. 61206-1006/4-23).

Комисија је докторску дисертацију прегледала и Наставно-научном већу Хемијског факултета, Универзитета у Београду подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација Николине Р. Радојковић написана је на српском језику на укупно 124 стране А4 формата (фонт *Times New Roman* величине 12 pt за основни текст, називе слика и табела и величине 11 pt за табеларне податке, проред 1, маргине 2 cm) и садржи 46 слика и 11 табела. Дисертација обухвата 4 основна поглавља која су даље структурирана у одговарајуће тематске целине и то на следећи начин: *Поглавље I - Увод и теоријски део*: Увод (2 стране) и Теоријски део (22 стране), *Поглавље II - Експериментални део* (5 страна),

Поглавље III - Резултати и дискусија: Једнослојни системи (24 стране) и Двослојни системи (16 страна) и *Поглавље IV - Закључак* (2 стране). Поред наведеног, дисертација садржи и Насловну страну на српском и енглеском језику, информације о менторима и члановима комисије, Захвалницу (1 страна), Резиме на српском и енглеском језику (по 2 стране), Садржај (4 стране), Списак скраћеница и симбола (5 страна), Списак слика и табела (3 стране), Биографију кандидаткиње (1 страна), Изјаву о ауторству (1 страна), Изјаву о истоветности (1 страна) и Изјаву о коришћењу (2 стране). Дисертација је по својој структури и садржају у складу са стандардима прописаним од стране Универзитета у Београду.

Увод садржи приказ значаја и актуелности развоја актуатора, са посебним освртом на материјале способне за директну конверзију светлосне енергије у контролисано механичко кретање. Посебна пажња посвећена је фототермалним системима заснованим на наночестицама племенитих метала и термоосетљивим полимерним материјалима, као и могућности превођења локалних промена у својствима активне компоненте у макроскопску деформацију. У овом делу дефинисан је и предмет истраживања, као и основни научни циљеви који се односе на развој и карактеризацију једнослојних Au-PNiPAAm и двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита са контролисаним фототермалним и механичким одзивом.

Теоријски део дисертације обухвата шест тематских целина. Први део садржи детаљан преглед структурних карактеристика хидрогелова, са акцентом на хидрогелове осетљиве на спољашње стимулансе као “паметне материјале” способне да, под дејством различитих физичких и хемијских стимуланса, реверзибилно мењају своја својства. У овом делу су приказане и кључне карактеристике поли(*N*-изопропилакриламида) (PNiPAAm) и поли(винил-алкохола) (PVA), полимерних материјала који су коришћени као основне компоненте за синтезу једнослојних и двослојних система испитиваних у оквиру ове докторске дисертације. Друга целина посвећена је наночестицама злата (AuNPs), њиховим оптичким карактеристикама, методама синтезе, као и значају у развоју функционалних нанокомпозитних материјала, док су њихова основна својства детаљно разматрана и анализирана у наредној, трећој, целини теоријског дела. Четврти део описује основне принципе радијационе хемије, са освртом на примену гама зрачења у синтези нанокомпозитних система. У наредној, петој целини, дат је преглед метода синтезе основних компоненти испитиваних система, укључујући синтезу наночестица злата, полимерних матрица на бази PNiPAAm-а и PVA, као и двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита. У шестом делу, размотрене су основне карактеристике фотоактуатора, механизам њиховог функционисања, као и могућност примене у различитим областима.

Експериментални део садржи систематичан приказ коришћених реагенаса, експерименталних поступака, примењених метода карактеризације и опреме коришћене током истраживања. Детаљно су описани поступци синтезе почетних компоненти испитиваних система, укључујући наночестице злата и полимерне компоненте, као и

поступци добијања једнослојних и двослојних хидрогел нанокомпозита. Поред поступака синтезе, приказане су и методе морфолошке, структурне и оптичке карактеризације, као и методе испитивања физичко-хемијских, механичких, електрохемијских и фототермалних својстава синтетисаних система.

У оквиру поглавља **Резултати и дискусија** приказани су и анализирани резултати добијени током истраживања спроведеног у оквиру ове докторске дисертације. Ово поглавље је организовано у две основне целине које обухватају испитивања једнослојних и двослојних хидрогел нанокомпозита. У **првој целини** приказани су резултати синтезе и карактеризације једнослојних Au-PNiPAAm хидрогел нанокомпозита, који представљају основу за развој двослојних фотоактуаторских система. У овом делу размотрена су два различита поступка синтезе, при чему је испитан њихов утицај на стабилност и расподелу наночестица злата у PNiPAAm хидрогел матрици, као и на својства једнослојних система. Након тога, испитан је утицај облика (наносфере - AuNSs и наноштапићи - AuNRs) и концентрације наночестица злата на оптичка, структурна, морфолошка, физичко-хемијска, механичка, електрохемијска и фототермална својства добијених система. Посебно је анализирана способност једнослојних нанокомпозита да, под дејством светлости, испоље фототермални ефекат кроз конверзију светлосне енергије у топлоту и контракцију термоосетљиве PNiPAAm матрице. Добијени резултати омогућили су избор оптималног активног слоја и представљали су полазну основу за синтезу и испитивање двослојних фотоактуаторских хидрогел нанокомпозита. У **другој целини** приказани су резултати синтезе, карактеризације и испитивања крајњих двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита. Посебна пажња посвећена је поступку формирања стабилне двослојне структуре, при чему активни слој чини термоосетљиви Au-PNiPAAm хидрогел нанокомпозит, а пасивни слој PVA хидрогел добијен методом замрзавања и одмрзавања. Анализиран је утицај величине, облика и концентрације инкорпорираних наночестица злата на морфолошка, структурна, физичко-хемијска, механичка и фототермална својства синтетисаних система. Посебан акценат стављен је на испитивање способности двослојних нанокомпозита да под дејством светлости остваре контролисано механичко савијање као последицу фототермалне контракције активног слоја и механичког напрезања услед различитих деформација активног и пасивног слоја. Потврђено је да комбинација хемијских, физичких и радијационо-хемијских поступака синтезе представља ефикасан приступ добијању стабилних, умрежених и стерилних двослојних хидрогел нанокомпозита са прецизно подешеним функционалним својствима.

У оквиру поглавља **Закључак** сумирани су најважнији резултати истраживања и истакнути основни научни закључци који произилазе из развоја, карактеризације и испитивања синтетисаних једнослојних и двослојних хидрогел нанокомпозита. Добијени резултати потврдили су да се правилним избором морфологије и концентрације наночестица злата, контролом поступка синтезе и одговарајућим дизајном двослојне структуре могу развити

фотоактуаторски системи способни за ефикасну конверзију фототермалне енергије у контролисано механичко кретање.

У делу **Литература** наведени су релевантни научни извори из области истраживања наведени по абecedном реду.

Б. Кратак опис постигнутих резултата

У овој докторској дисертацији успешно су развијени и окарактерисани нови хидрогел нанокмползита засновани на наночестицама злата као фототермалној компоненти и полимерним матрицама на бази поли(*N*-изопропилакриламида) и поли(винил-алкохола), са потенцијалном применом у области фотоактуаторских система. Истраживање је обухватило синтезу, детаљну карактеризацију и испитивање функционалних својстава једнослојних и двослојних хидрогел нанокмползита, са циљем разумевања утицаја структуре материјала, карактеристика наночестица (величина, облик и концентрација) и поступка синтезе на њихов фототермални и механички одговор. Комбинацијом конвенционалних хемијских и физичких метода са радијационо-хемијским поступком синтезе развијени су стабилни, умрежени и стерилни хидрогел нанокмползита са дефинисаним својствима.

У првом делу истраживања испитани су једнослојни Au-PNiPAAm хидрогел нанокмползита са инкорпорираним наносферама и наноштапићима злата различитих концентрација. Показано је да примењени поступци синтезе омогућавају стабилну дисперзију наночестица у полимерној матрици, без нарушавања њихове кристалне структуре, као и очување карактеристичних оптичких својстава. Детаљна карактеризација показала је да инкорпориране наночестице злата значајно утичу на својства Au-PNiPAAm хидрогел нанокмползита. Поред промена у капацитету бубрења, температури запреминског фазног прелаза и механичким својствима, утврђена је и температурно условљена и реверзибилна промена електричне проводљивости, са израженим „on-off“ механизмом у области фазног прелаза. Испитивања су показала да апсорпција светлости од стране инкорпорираних наночестица доводи до ефикасне фототермалне конверзије и реверзибилне контракције PNiPAAm матрице, чиме је потврђена функционалност ових система као активне компоненте двослојних фотоактуатора.

Други део истраживања био је посвећен развоју двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокмползита, у којима активни слој чини Au-PNiPAAm хидрогел нанокмползит, док пасивни слој представља PVA хидрогел. Захваљујући фототермалној контракцији активног слоја и његовој интеракцији са пасивним слојем, код ових система остварено је контролисано механичко савијање под дејством светлости. Испитан је утицај величине, облика и концентрације наночестица злата на одговор двослојног система, при чему је показано да узорци са наноштапићима остварују најинтензивнији фототермални ефекат и најбржи механички одговор. Постигнути резултати представљају значајан научни допринос развоју фототермалних хидрогел нанокмползита и показују да се правилним дизајном структуре материјала и избором карактеристика наночестица могу прецизно подешавати

функционална својства фотоактуаторских система. Развијени двослојни Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозити показали су способност поновљивог и даљински контролисаног механичког савијања под дејством светлости, чиме је потврђен њихов потенцијал за примену као светлосно активираних меких актуатора у системима који захтевају бежично покретање и контролисану механичку деформацију.

В. Компаративна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Истраживања у области фотоактуатора последњих година усмерена су ка развоју материјала и структура способних да светлосну енергију директно претварају у контролисано механичко кретање. Посебна пажња посвећена је системима код којих се фототермални или фотохемијски одговор активног материјала претвара у макроскопску деформацију, попут савијања, увијања или других облика усмереног кретања (Apsite I. и сар., 2022; Hu Y. и сар., 2016). У том контексту, двослојне структуре представљају један од значајних приступа у развоју фотоактуатора, јер се разликом у одговору активног и пасивног слоја могу контролисати правац и интензитет деформације (Le X. и сар., 2019). Овај концепт је посебно заступљен код хидрогел актуатора, код којих промене запремине активног слоја могу бити ефикасно претворене у макроскопско механичко кретање. Резултати докторске дисертације Николине Р. Радојковић надовезују се на наведени приступ, али га проширују применом активног Au-PNiPAAm слоја у комбинацији са пасивним PVA слојем. У овом систему наночестице злата имају улогу фототермалног претварача, који апсорбовану светлосну енергију претвара у топлоту, док термоосетљивост PNiPAAm матрице омогућава њену трансформацију у запреминску контракцију. Разлика у деформационом понашању активног и пасивног слоја омогућава да се ова промена преведе у усмерено механичко савијање целокупне структуре. На тај начин се остварује бежична активација двослојног материјала светлосним зрачењем (Shi Q и сар., 2017). Оваква комбинација фототермалних својстава наночестица злата, термоосетљивости PNiPAAm-а и анизотропног одговора двослојне структуре представља основу за развој функционалних фотоактуатора са подесивим механичким одговором.

Резултати добијени за једнослојне Au-PNiPAAm хидрогел нанокомпозите у доброј су сагласности са литературним подацима који указују на погодност PNiPAAm-а као термоосетљиве матрице за развој фототермалних система. У истраживањима PNiPAAm хидрогелова са инкорпорираним наночестицама злата показано је да присуство AuNPs може довести до промена у микроструктури, порозности и термоосетљивом понашању полимерне мреже (Nguyen H. H. и сар., 2015). У оквиру ове дисертације добијени резултати додатно показују да се таква интеракција може контролисати не само присуством наночестица већ и њиховим обликом и концентрацијом. Посебно је значајно поређење наносфера и наноштапића, јер различита морфологија доводи до различитих оптичких и фототермалних својстава. При томе су наноштапићи показали израженији фототермални одговор, што је у складу са истраживањима која указују на значај облика и односа димензија AuNRs за подешавање њихових оптичких и фототермалних својстава. Добијени резултати

су у сагласности са литературним подацима који указују на значај морфологије и концентрације наночестица злата за фототермални одговор оваквих система, али истовремено показују да се њиховом систематском контролом могу прецизно подесити функционална својства Au-PNiPAAm хидрогел нанокомпозита. За разлику од већег броја радова у којима је пажња усмерена на један тип златних наноструктура или на примену блиског инфрацрвеног (NIR) зрачења, у овој дисертацији је систематски испитан утицај различитих облика и концентрације наночестица на више функционалних својстава истог PNiPAAm система (Ghelardini, M. M. и сар., 2024; Kim M. и сар., 2022). Додатна специфичност представља испитивање електричне проводљивости, при чему је показана њена реверзибилна зависност од температуре и израженија проводљивост система са наноштапићима, чиме је фототермално активном материјалу придружена и електроактивна функционалност. Такође, вредност добијених резултата огледа се у поређењу два приступа синтези Au-PNiPAAm нанокомпозита, што омогућава повезивање начина формирања наночестица (*in situ* синтеза наночестица или хемијска синтеза) и полимерне мреже са коначним својствима материјала.

На резултате добијене за једнослојне системе надовезује се развој двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита, код којих је фототермално активни Au-PNiPAAm слој комбинован са пасивним PVA слојем у циљу остваривања контролисане механичке деформације. Сличан принцип фототермалне активације двослојних хидрогел актуатора описан је у литератури, где је термоосетљиви PNiPAAm са инкорпорираним AuNPs коришћен као активни слој, док је пасивни PAAm слој обезбеђивао асиметрију одговора неопходну за савијање. У поређењу са овим системима, двослојни Au-PNiPAAm/PVA нанокомпозити развијени у овој дисертацији показали су да се исти принцип конверзије фототермалне контракције у макроскопско савијање може остварити применом PVA као пасивне компоненте. Значај избора PVA као компоненте двослојних хидрогелова потврђен је и у истраживањима термоосетљивих PNiPAAm/PVA система, у којима је показано да кристаличност PVA, услови замрзавања и одмрзавања и масена концентрација утичу на деформационо понашање и правац савијања, уз очување добре међуслојне адхезије (Zhang J. и сар., 2022). Избором оптималног масеног односа компоненти и броја циклуса замрзавања и одмрзавања добијен је стабилан физички умрежен PVA хидрогел, погодан за формирање двослојне структуре са активним Au-PNiPAAm слојем. У оквиру ове дисертације активни Au-PNiPAAm слој формиран је комбинацијом хемијских и радијационо-хемијских поступака, док је његовим повезивањем са PVA слојем добијена стабилна двослојна структура. Оваква архитектура је у складу са савременим приступима развоју меких актуатора, у којима се избором материјала, њиховом структурном организацијом и разликом у механичком одговору појединачних компоненти омогућава контролисана промена облика (Apsite I. и сар., 2022). Добијени резултати су у сагласности са истраживањима AuNRs-базираних фототермалних актуатора, али додатно показују да се избором облика и концентрације наночестица може утицати на интензитет и брзину механичког одговора. У испитиваном концентрационом опсегу, системи са наноштапићима

веће концентрације показали су израженији фототермални ефекат и бржу фотоактуацију у односу на системе са наносферама (Shi Q. и сар., 2017). Добијени резултати омогућили су повезивање карактеристика фототермалне компоненте (наночестица злата), пре свега њене морфологије и концентрације, са функционалним одговором двослојног актуатора (Kim M. и сар., 2022). На овај начин показано је да се комбинацијом морфолошки различитих нанопуниоца, структуре активног слоја и својстава пасивног PVA слоја може утицати на функционални одзив двослојних фотоактуатора.

У поређењу са досадашњим истраживањима, научни допринос ове дисертације огледа се, пре свега, у повезивању више нивоа дизајна материјала - од избора облика и концентрације Au наночестица, преко начина њиховог увођења у PNiPAAm хидрогел матрицу, до конструкције двослојног система са контролисаном механичком деформацијом. Док су у литератури двослојне структуре и фототермално активне наночестице најчешће разматране као одвојени системи, резултати ове дисертације обједињују ова два приступа у крајњем нанокомпозитном Au-PNiPAAm/PVA систему (Basak, S. и Bandyopadhyay, A., 2024). Додатна специфичност огледа се у комбинацији хемијске синтезе наночестица, физичког поступка добијања PVA слоја и радијационог умрежавања, при чему се примена гама зрачења користи као завршни корак у формирању стабилног двослојног система. На тај начин добијени материјали обједињују фототермалну активност, термоосетљивост и механичку анизотропију неопходну за фотоактуаторски одговор, али и стерилност пожељну за потенцијалне биомедицинске примене. У односу на претходно објављена истраживања, посебно је значајно систематско поређење наносфера и наноштапића као фототермалних компоненти, јер је показано да морфологија и концентрација наночестица директно утичу на интензитет и кинетику актуације. Резултати тако потврђују да се функционални одзив двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита не одређује само избором полимерних компоненти, већ и карактеристикама нанопуниоца и условима њихове инкорпорације. Овакво повезивање структуре, начина синтезе и функционалног одговора представља главни допринос ове докторске дисертације и даје основу за даље унапређење хидрогел фотоактуатора са потенцијалом примене у мекој роботизици, адаптивним материјалима и другим областима у којима су потребни флексибилност и даљински контролисан механички одговор.

Литература

1. Apsite, I.; Salehi, S.; Ionov, L. Materials for Smart Soft Actuator Systems. *Chem. Rev.*, 2022, **122** (1), 1349-1415.
2. Basak, S.; Bandyopadhyay, A. Next-gen biomimetic actuators: bilayer hydrogel evolution in the 21st century and its advancements from a post-2020 perspective. *RSC Appl. Polym.*, 2024, **2** (4), 583-605.
3. Ghelardini, M. M.; Geisler, M.; Weigel, N.; Hankwitz, J. P.; Hauck, N.; Schubert, J.; Fery, A.; Tracy, J. B.; Thiele, J. 3D-Printed Hydrogels as Photothermal Actuators. *Polymers* 2024, **16** (14), 2032.

4. Hu, Y.; Li, Z.; Lan, T.; Chen, W. Photoactuators for Direct Optical-to-Mechanical Energy Conversion: From Nanocomponent Assembly to Macroscopic Deformation. *Adv. Mater.*, 2016, **28** (47), 10548-10556.
5. Kim, M.; Choi, J.; Kim, S. Y. Low-intensity near-infrared light-tunable gold nanorod-incorporated hydrogel actuator system for remotely controlled human-robot interface applications. *Mater. Today Chem.*, 2022, **26**, 101014.
6. Le, X.; Lu, W.; Zhang, J.; Chen, T. Recent Progress in Biomimetic Anisotropic Hydrogel Actuators. *Adv. Sci.*, 2019, **6** (5), 1801584.
7. Nguyen, H. H.; Payré, B.; Fitremann, J.; Lauth-de Viguerie, N.; Marty, J.-D. Thermoresponsive Properties of PNIPAM-Based Hydrogels: Effect of Molecular Architecture and Embedded Gold Nanoparticles. *Langmuir* 2015, **31** (16), 4761-4768.
8. Shi, Q.; Xia, H.; Li, P.; Wang, Y.-S.; Wang, L.; Li, S.-X.; Wang, G.; Lv, C.; Niu, L.-G.; Sun, H.-B. Photothermal Surface Plasmon Resonance and Interband Transition-Enhanced Nanocomposite Hydrogel Actuators with Hand-Like Dynamic Manipulation. *Adv. Optical Mater.* 2017, **5** (22), 1700442.
9. Yang, Y.; Wu, Y.; Li, C.; Yang, X.; Chen, W. Flexible Actuators for Soft Robotics. *Adv. Intell. Syst.* 2020, **2** (1), 1900077.
10. Zhang, J.; Zheng, L.; Wu, Z.; Wang, L.; Li, Y. Thermoresponsive bilayer hydrogel with switchable bending directions as soft actuator. *Polymer* 2022, **253**, 124998.

Г. Научни радови објављени у међународним часописима и саопштења скупова који чине део докторске дисертације

Из резултата ове докторске дисертације проистекла су два рада објављена у водећим међународним часописима, једно саопштење са међународног скупа штампано у целини, као и шест саопштења са међународних скупова штампаних у изводу:

M21a - Рад у водећем међународном часопису категорије M21a

1. **Nikolina Radojković**, Jelena Spasojević, Ivana Vukoje, Zorica Kačarević-Popović, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Goran Roglić, and Aleksandra Radosavljević, *Gamma Irradiation-Induced Synthesis of Nano Au-PNiPAAm/PVA Bi-Layered Photo-Thermo-Responsive Hydrogel Actuators with a Switchable Bending Motion*, *Polymers*, 17 (2025) 1774.
<https://doi.org/10.3390/polym17131774>
 IF=6,1 (2025); Polymer Science (12/94)
 ISSN: 2073-4360

M21 - Рад у водећем међународном часопису категорије M21

1. **Nikolina Radojković**, Jelena Spasojević, Zorica Kačarević-Popović, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Goran Roglić and Aleksandra Radosavljević, *Thermo-Responsive and Electroconductive Nano Au-PNiPAAm Hydrogel Nanocomposites: Influence of Synthesis*

Method and Nanoparticle Shape on Physicochemical Properties, Polymers, 16 (2024) 3416.

<https://doi.org/10.3390/polym16233416>

IF=5,2 (2024); Polymer Science (17/93)

ISSN: 2073-4360

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **Nikolina Nikolić**, Aleksandra Radosavljević, Jelena Spasojević, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Julijana Tadić, Zorica Kačarević-Popović, *Physico-chemical characterization of bi-layered Au-PNiPAAm/PVA hydrogel nanocomposites*, 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, PHYSICAL CHEMISTRY 2022, September 26-30, 2022, Belgrade, Serbia, Proceedings, Volume II (H-13-P) p.371-374.
ISBN 978-86-82475-41-5;
Volume II: ISBN 978-53-82475-43-9

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **Nikolina Nikolić**, Jelena Spasojević, Aleksandra Radosavljević, Vesna Vodnik, Zorica Kačarević-Popović, *Hydrogel nanocomposite photoactuator for direct optical to mechanical energy conversion obtained by ionizing irradiation*, AAAFM-UCLA International Conference on Advances in Functional Materials 2021, Los Angeles, USA, August 18-20, 2021, Book of Abstracts, Abstract ID: 781.
2. **Nikolina Nikolić**, Jelena Spasojević, Aleksandra Radosavljević, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Zorica Kačarević-Popović, *Swelling and deswelling kinetics of Au-PNiPAAm hydrogel nanocomposite photoactuators obtained by gamma irradiation*, The Twenty-second Annual Conference YUCOMAT 2021, Herceg Novi, Montenegro, August 30 - September 3, 2021, Program and Book of Abstracts, V.P.S.9, p.137.
3. **Nikolina Nikolić**, Aleksandra Radosavljević, Jelena Spasojević, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Zorica Kačarević-Popović, *Au-PNiPAAm hydrogel nanocomposites as photoactuators for direct optical to mechanical energy conversion*, The Miller Online Workshop on Radiation Chemistry, 10-12 February 2022, Program and Book of Abstracts, P27, p.86.
4. **Nikolina Nikolić**, Aleksandra Radosavljević, Jelena Spasojević, Una Stamenović, Julijana Tadić, Vesna Vodnik, Zorica Kačarević-Popović, *Bi-layered Au-(PNiPAAm/PVA) hydrogel nanocomposite photoactuators for direct optical to mechanical energy conversion*, Second International Conference on Applications of Radiation Science and Technology (ICARST-2022) 22-26 August 2022, Vienna, Austria, Program and Book of Abstracts, Abstract ID 697.
5. **Nikolina Nikolić**, Jelena Spasojević, Una Stamenović, Ivana Vukoje, Julijana Tadić, Vesna Vodnik, Zorica Kačarević-Popović, Aleksandra Radosavljević: *Gamma irradiation-*

induced synthesis and characterization of bi-layered Au-(PNiPAAm/PVA) hydrogel nanocomposites, Eleventh International Conference on Radiation, Natural Sciences, Medicine, Engineering, Technology and Ecology, RAD 2023, Herceg Novi, Montenegro, June 19-23, 2023, Book of abstracts pp. 84.

6. Ivana Vukoje, Jelena Spasojević, **Nikolina Nikolić**, Milica Milošević, Una Stamenović, Vesna Vodnik, Aleksandra Radosavljević, *Physicochemical characterization of Au/PNiPAAm hydrogel nanocomposites: influence of nanoparticle shape*, The 12th International conference of radiation, natural science, medicine, engineering, technology and ecology, RAD 2024, June 17-21, 2024, Herceg Novi, Montenegro, Book of abstracts pp. 71.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/18.) и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације Николине Р. Радојковић, констатујемо да утврђено подударање текста износи 10%. Овај степен подударности последица је универзалних скраћеница, назива једињења, општих научних израза, библиографских података, назива институција и методолошких израза. Сваки појединачни извор учествује са мање од 1% преклапања, што указује да нема доминантног извора преузетог текста нити значајног нарушавања оригиналности докторске дисертације. Проценат преклапања је прихватљив и у складу је са чланом 9. овог Правилника. Комисија сматра да је докторска дисертација Николине Р. Радојковић у потпуности оригинална, као и да су испоштована академска правила цитирања.

Е. Закључак

На основу увида у целокупни садржај докторске дисертације мастер хемичара, Николине Р. Радојковић под називом „Двослојни злато-поли(*N*-изопропилакриламид)/поли(винил-алкохол) нанокомпозити као фотоактуатори“, Комисија сматра да је кандидаткиња у потпуности и успешно одговорила на све постављене истраживачке задатке. Кроз систематично експериментално истраживање развијени су и детаљно окарактерисани једнослојни и двослојни фототермални хидрогел нанокомпозити на бази PNiPAAm-a, PVA и наночестица злата различитих облика и концентрација. Кандидаткиња је успешно применила и повезала различите хемијске, физичке и радијационо-хемијске поступке синтезе са оптичким, морфолошким, механичким и електрохемијским методама карактеризације, у циљу успостављања односа између структуре материјала и његовог фотоактуаторског понашања.

Посебан научни значај истраживања огледа се у развоју двослојних Au-PNiPAAm/PVA хидрогел нанокомпозита код којих се фототермална конверзија светлосне енергије преводи у усмерену механичку деформацију. Систематским испитивањем утицаја облика, величине и концентрације наночестица злата показано је да карактеристике фототермалне компоненте

значајно утичу на интензитет и кинетику фотоактуаторског одговора, при чему су системи са наноштапићима показали израженији фототермални ефекат и бржу фотоактуацију. Поред тога, примена различитих поступака синтезе, укључујући и радијационо умрежавање гама зрачењем, омогућила је добијање стабилних и стерилних функционалних система. Развијени материјали показали су могућност бежичне активације и контролисане механичке деформације под дејством светлосног зрачења, чиме је постављена основа за даљи развој хидрогел фотоактуатора и сличних актуаторских система.

Резултати истраживања проистекли из ове докторске дисертације објављени су у два рада у водећим међународним часописима, једном саопштењу са међународног скупа штампаном у целини, као и шест саопштења са међународних скупова штампаних у изводу.

На основу свега изложеног, а у складу са Законом о високом образовању и Статутом Хемијског факултета, Комисија закључује да докторска дисертација кандидаткиње Николине Р. Радојковић представља оригиналан и научно значајан допринос у области функционалних хидрогел нанокомпозита и фотоактуатора и да се уклапа у савремене токове истраживања у области паметних материјала и меких актуатора. Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Хемијског факултета да прихвати поднету докторску дисертацију под насловом „Двослојни злато-поли(*N*-изопропилакриламид)/поли(винил-алкохол) нанокомпозити као фотоактуатори“ и одобри њену јавну одбрану, чиме би били испуњени услови за стицање научног звања доктора хемијских наука.

У Београду, 21.08.2026.године

Чланови комисије:

др Далибор Станковић, ванредни професор
Хемијски факултет
Универзитет у Београду

др Александра Митровић, доцент
Хемијски факултет
Универзитет у Београду

др Александра Радосављевић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију,
Универзитет у Београду