

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/87

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

29. 4. 2025.

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

Синтеза и карактеризација полимерних композита ојачаних наночестицама на бази
стронцијум-титаната за примену у стоматологији

Synthesis and characterization of polymer composites reinforced with strontium titanate-based
nanoparticles for dentistry applications

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Houda (Taher Elhmali) Ibrahim

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, студијски програм Инжењерство материјала

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2021.

4. Година уписа на докторске студије: 2021.
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Инжењерство материјала

6. Датум подношења пријаве
теме докторске дисертације:

3. 3. 2025.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Houda (Taher Elhmali) Ibrahim**

Име и презиме ментора: **др Весна Радојевић**

Звање: Редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. A. Elmadani, I. Radović, N. Z. Tomić, M. Petrović, D. B. Stojanović, R. Jančić Heinemann, **V. Radojević**, Hybrid denture acrylic composites with nanozirconia and electrospun polystyrene fibers. PLoS ONE, 2019 14(12): e0226528. (IF 2019 2.740), ISSN 1932-6203 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226528>
2. G.A. Lazouzi, M.M. Vuksanović, N. Tomić, M. Petrović, P. Spasojević, **V. Radojević**, R. Jančić Heinemann, Dimethyl itaconate modified PMMA – alumina fillers composites with improved mechanical properties, Polymer Composites, Vol. 40, 2019, 1691-1701. <https://doi.org/10.1002/pc.24952>
3. Yerro O., Radojević **V.**, Radović I., Petrović M., Uskoković P., Stojanović D., Aleksić R. Thermoplastic acrylic resin with self-healing properties, Polymer Engineering and Science, 2016, 56, 3, 251–257 ISSN 0032-3888, (IF 2014 1.520, Engineering, Chemical 61/135), DOI 0.1002/pen.24244
4. O. Yerro, **V. Radojević**, I. Radović, A. Kojović, P. S. Uskoković, D. B. Stojanović, R. Aleksić, Enhanced thermo-mechanical properties of acrylic resin reinforced with silanized alumina whiskers, Ceramics International, 42, 9, 2016, 10779-10786, ISSN: 0272-8842 (IF 2014=2.605, Materials Science, Ceramics 4/26) doi: 10.1016/j.ceramint.2016.03.205
5. Radisavljevic, A., Stojanovic, D.B., Petrovic, M., **Radojevic, V.**, Uskokovic, P., Rajilic-Stojanovic, M. Electrospun polycaprolactone nanofibers functionalized with Achillea millefolium extract yield biomaterial with antibacterial, antioxidant and improved mechanical properties, Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2023 111 (7), pp. 962-974. IF 2023= 3.9, ISSN 1549-3296 <https://doi.org/10.1002/jbm.a.37481>

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

за кандидата **Houda (Taher Elhmali) Ibrahim**

Име и презиме ментора: **др Ивана Стајчић**

Звање: виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Stajčić I.**, Serpa C., Simović B., Janković Castvan I., Dodevski V., Radojević V., Stajčić A., *Fractal Analysis of Doped Strontium Titanate Photocatalyst*, *Fractal and Fractional*, 8, 10, (2024), 560, ISSN: 2504-3110 (IF 2022 5.4, Mathematics, Interdisciplinary Applications) doi: 10.3390/fractalfract8100560
2. Perišić S., Alzaroug A. K. A., Kalevski K., Vuksanović M. M., Volkov Husović T., **Radović I.**, Radojević V., *Denture composite reinforced with short polyethylene terephthalate fibers*, *Polymer Composites*, 43, 1, (2022), 543–550, ISSN: 0272-8397, 1548-0569 (IF 2022 5.2, Materials Science, Composites 7/28) doi: 10.1002/pc.26397
3. Elmadani A. A., **Radović I.**, Tomić N. Z., Petrović M., Stojanović D. B., Jančić-Heinemann R., Radojević V., *Hybrid denture acrylic composites with nanozirconia and electrospun polystyrene fibers*, *PLOS ONE*, 14, 12, (2019), e0226528, ISSN: 1932-6203 (IF 2019 2.740) doi: 10.1371/journal.pone.0226528
4. Lazarević Z. Ž., Milutinović A., Ćurčić M., Rabasović M. S., **Stajčić I.**, Ćosić B., Ralević U., Paunović N., Hadžić B., Simović B., Sekulić D., Paunović V., *Influence of Er³⁺ concentration and sintering temperature on structural and spectroscopic properties of BaTiO₃:Er³⁺*, *Optical Materials*, 159, (2025), 116581, ISSN: 0925-3467, 1873-1252 (IF 2023 3.8) doi: 10.1016/j.optmat.2024.116581
5. Yerro O., Radojević V., **Radović I.**, Kojović A., Uskoković P. S., Stojanović D. B., Aleksić R., *Enhanced thermo-mechanical properties of acrylic resin reinforced with silanized alumina whiskers*, *Ceramics International*, 42, 9, (2016), 10779-10786, ISSN: 0272-8842 (IF 2016 2.986, Materials Science, Ceramics 2/26) doi: 10.1016/j.ceramint.2016.03.205

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 24. 4. 2025. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 24. 4. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Houda (Taher Elhmali) Ibrahim**, број индекса 2021/4035, под називом: „Синтеза и карактеризација полимерних композита ојачаних наночестицама на бази стронцијум-титаната за примену у стоматологији (Synthesis and characterization of polymer composites reinforced with strontium titanate-based nanoparticles for dentistry applications)“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Весна Радојевић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Ивана Стајчић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Технолошко-металуршки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Houde Taher Elhmali Ibrahim за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр. 2025-35/42 од 25. 03. 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Houde Taher Elhmali Ibrahim, мастер инжењера технологије, мастер инжењера за материјале, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

Синтеза и карактеризација полимерних композита ојачаних наночестицама на бази стронцијум-титаната за примену у стоматологији

Synthesis and characterization of polymer composites reinforced with strontium titanate-based nanoparticles for dentistry applications

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи:

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Houde Taher Elhmali Ibrahim рођена је 11.11.1977. године у Триполију, Либија. Основне академске студије завршила је на Универзитету у Триполију, Либија, Департман за денталну технологију. Мастер академске студије на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, студијски програм Инжењерство материјала, завршила је 2021. године. Докторске академске студије уписала је 2021. године на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, профил Инжењерство материјала. Од 2008. године запослена је на Факултету за медицинске науке и технологије у Триполију.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Houde Taher Elhmali је на Катедри за конструкционе и специјалне материјале на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду уписала

докторске академске студије 2021. године и положила све испите по предвиђеном наставном плану и програму са следећим резултатима:

Предмет	Оцена	ЕСПБ
1. Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
2. Хемијска кинетика	6	5
3. Термодинамика чврстог стања	10	5
4. Наука о материјалима и инжењерство материјала	10	6
5. Физичко-механичка испитивања материјала - виши курс	10	5
6. Структура и својства композитних материјала	10	5
7. Метал, угљенични и керамички композити	10	5
8. Физика материјала	10	4
9. Биокмполитни материјали	10	5
10. Синтеза, својства и примена биокерамичких материјала	9	5
11. Квантификација визуелних информација	10	5
12. Завршни испит	10	30

Завршни испит Синтеза и физичко-механичка својства полимерних композита за примену у денталним имплантима (Synthesis and physic-chemical properties polymer composites for dental implants application), одбранила је 09.06.2023. године.

M21a Водећи међународни часопис

1. **Elhmali H. T.**, Stajčić I., Stajčić A., Petrović M., Jovanović M., Radojević V. *Fractal Analysis of PMMA Nanocomposites Reinforced with SrTiO₃ and SrTiO₃/MnO₂ Hybrid Fillers*, Fractal and Fractional, 2024; 8(6):314. DOI: [10.3390/fractalfrac8060314](https://doi.org/10.3390/fractalfrac8060314) IF 2022 = 5.4 (Mathematics, Interdisciplinary Applications 9/108) ISSN: 2504-3110 (Online)

M21 Водећи међународни часопис

2. **Elhmali H. T.**, Stajčić I., Stajčić A., Petrović M., Radojević V. *Influence of Novel SrTiO₃/MnO₂ Hybrid Nanoparticles on Poly(methyl methacrylate) Thermal and Mechanical Behavior*, Polymers, 2024; 16(2):278. DOI: [10.3390/polym16020278](https://doi.org/10.3390/polym16020278) IF 2022 = 5.0 (Polymer Science 16/86) ISSN: 2073-4360 (Online)
3. **Elhmali H. T.**, Stajčić I., Petrović M., Janković B., Simović B., Stajčić A., Radojević V. *Mechanical performance of denture acrylic resin modified with poly(4-styrenesulfonic acid-co-maleic anhydride) sodium salt and strontium titanate*, Polymer Composites, 2024; 45(10):11404–11415. DOI: [10.1002/pc.28574](https://doi.org/10.1002/pc.28574) IF 2023 = 4.8 (Materials Science, Composites,8/27) ISSN: 0272-8397 (Print), 1548-0569 (Online)

M34 Саопштење са међународног скупа, штампано у изводу

1. **Elhmali H.T.**, Stajcic I., Petrovic M., Stajcic A., Jovanovic M., Stojanovic D.B., Uskokovic P., Radojevic V., *SrTiO₃-based nanoparticles in dental poly(methyl*

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидаткиња Houda Taher Elhmali показала је током рада на докторској дисертацији да је оспособљена за научноистраживачки рад као и висок степен самосталности. Положила је све испите на докторским студијама као и завршни испит везан за тему дисертације. Поред самосталног планирања, креирања и реализације истраживања везаних за тему докторске дисертације, показала је и аналитичност и педантност при обради и дискусији резултата. Из саме предложене теме докторске дисертације, до сада је објавила један рад у водећем међународном часопису категорије M21a, два рада у водећим међународним часописима категорије M21, једно саопштење на међународној конференцији категорије M34. На основу приказаних активности и резултата Комисија сматра да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Поли(метил метакрилат) (РММА) представља један од најчешће коришћених полимера у стоматологији, захваљујући својој естетској вредности, хемијској стабилности, лакоћи обраде и доказаној биокомпатибилности. Његова примена обухвата базне материјале за тоталне и парцијалне протезе, привремене крунице, ортодонтске апарате и репарације. Ипак, упркос његовим предностима, РММА као хомогени материјал има ограничења, првенствено везана за његову кртост, ниску отпорност на ударце и недовољну површинску тврдоћу. Ове мане значајно умањују његову дуготрајност у условима физиолошког оптерећења, чиме се повећава ризик од лома или трајних оштећења у свакодневној клиничкој употреби. Због наведених недостатака, последњих година све већи фокус научних истраживања усмерен је на модификацију РММА помоћу функционалних пунила, посебно наночестица. У том контексту, ова докторска дисертација бави се развојем и свеобухватном анализом РММА композита ојачаних јединственим сетом керамичких нано- и хибридних пунила: стронцијум титанатом (SrTiO_3), манган-диоксидом (MnO_2) и итријум оксидом (Y_2O_3), као и њиховим хибридикама ($\text{SrTiO}_3/\text{MnO}_2$ и $\text{SrTiO}_3/\text{Y}_2\text{O}_3$). Ове честице су одабране не само због њихових изузетних механичких и хемијских својстава, већ и због њихове биолошке сигурности, термичке стабилности и потенцијала да се интегришу у полимерну матрицу на начин који омогућава синергијско побољшање својстава композита. Стронцијум титанат (SrTiO_3) је перовскитна керамика позната по високој механичкој чврстоћи, диелектричним својствима, и топлотној отпорности. Његова способност да се допира и користи у биоактивним применама, као што су слојеви за остеоинтеграцију и фотокаталитичке површине, чини га изузетно погодним за биомедицинске композите. SrTiO_3 поседује изражене антимикуробне ефекте, а додатно делује као "термичка баријера" у матрици као што је РММА, побољшавајући њихову термостабилност без нарушавања њихове структуре. Манган-диоксид (MnO_2), са друге стране, познат је по својој хемијској стабилности, отпорности на киселине, ниској токсичности и снажној површинској реактивности. Иако је MnO_2 традиционално коришћен у енергетици и катализи, новија истраживања показују његов потенцијал у медицинским материјалима захваљујући израженом антибактеријском деловању. Његова присутност у композитима може допринети повећању тврдоће и способности апсорпције ударне енергије. Итријум оксид (Y_2O_3) је широко примењиван у стабилизацији цирконијум оксида у денталним рестаурацијама, али и као самосталан материјал познат је по својој тврдоћи,

биокомпатибилности и отпорности на хемијско и термичко разарање. Његов додатак РММА композитима има потенцијал да повећа механичку стабилност. Хибридизацијом ових пунила – посебно SrTiO_3 са MnO_2 и SrTiO_3 са Y_2O_3 – ствара се нова класа мултифункционалних наноструктура са потенцијално супериорним својствима у поређењу са индивидуалним пунилинама. Комбиновањем својстава као што су микроструктурна стабилност, активна површина, ионска проводљивост и механичка отпорност, ови хибриди могу допринети хомогено дистрибуираној и функционално активној фази у РММА матрици. Главна хипотеза дисертације јесте да хибридне наночестице могу да обезбеде већу дисперзију, смањену агломерацију и бољу међуфазну адхезију са РММА матрицом у поређењу са појединачним пунилинама, чиме се остварују знатна побољшања у модулу еластичности, микро-тврдоћи и укупној отпорности на ударце. С обзиром на то да се наночестице понашају као микропрекидачи у механизмима ширења прслина, њихова морфологија и површинска енергија играју кључну улогу у дефинисању коначних својстава композита. Посебну пажњу у оквиру овог истраживања заслужује и примена полиелектролита PSSMA, натријум(поли(4-стиренсулфонска киселина-ко-анхидрид малеинске киселине)), који ће бити испитан као органски модификатор у РММА матрици. PSSMA је познат по присуству функционалних карбоксилних и сулфонатних група које могу учествовати у међумолекулским интеракцијама, како са органском матрицом, тако и са површином неорганских наночестица. Његова биокомпатибилност, хемијска стабилност и могућност формирања међуфазне ко-континуиране структуре са РММА чине га идеалним за примену у денталним композитима. Очекује се да додатак PSSMA неће ометати процес полимеризације метил метакрилата, већ ће допринети хомогенијој дисперзији наночестица стронцијум титаната (SrTiO_3) у РММА матрици. Претпоставља се да ће комбинација PSSMA и SrTiO_3 резултирати значајним побољшањем механичких својстава композита. Таква употреба полиелектролита представља иновативан приступ у дизајну денталних нанокомпозита, са потенцијалом за даље проширење на друге биомедицинске полимере. Поред тога, истраживање укључује и иновативан приступ анализи микроструктуре помоћу фракталне геометрије. Употребом Hausdorff-ове димензије као квантитативног показатеља комплексности облика агломерата на FESEM сликама, уводи се нова методологија за повезивање морфолошких карактеристика са макроскопским механичким својствима. Овакав метод омогућава изградњу предиктивних модела и оптимизацију материјала на основу стварне микроструктурне конфигурације. Коначни циљ овог истраживања је развој РММА композита са унапређеним механичким и функционалним својствима, погодних за дуготрајну и безбедну клиничку примену у стоматологији. Допринос ове дисертације огледаће се не само у формулацији нових биоактивних композита, већ и у развоју методолошког оквира за анализу и оптимизацију полимерних материјала кроз интеграцију инжењерских и математичких приступа. Приложен је преглед релевантне литературе:

1. Hategekimana F, Kiraz N. *Preparation and characterization of silica based nanoclusters as reinforcement for dental applications*. Polym Compos. 2022;43(10):7564–7574.
2. Shakeri F, Nodehi A, Atai M. *PMMA/double-modified organoclay nanocomposites as fillers for denture base materials with improved mechanical properties*. J Mech Behav Biomed Mater. 2019;90:11–19.
3. Agha H, Flinton R, Vaidyanathan T. *Optimization of Fracture Resistance and Stiffness of Heat-Polymerized High Impact Acrylic Resin with Localized E-Glass FiBER FORCE® Reinforcement at Different Stress Points*. J Prosthodont 2016;25(8):647–55.
4. Perišić S, Kareem AAA, Kalevski K, Vuksanović MM, et al. *Denture composite reinforced with short polyethylene terephthalate fibers*. Polym Compos. 2022;43:543–550.

5. Chrysafi I, Kontonasaki E, Anastasiou AD, Patsiaoura D, et al. *Mechanical and thermal properties of PMMA resin composites for interim fixed prostheses reinforced with calcium β -pyrophosphate*. J Mech Behav Biomed Mater. 2020;112:104094.
6. Ali Sabri B, Satgunam M, Abreeza NM, N. Abed A. A review on enhancements of PMMA Denture Base Material with Different Nano-Fillers. Cogent Eng. 2021;8:1.
7. Gad MM, Rahoma A, Al-Thobity AM, ArRejaie AS. *Influence of incorporation of ZrO₂ nanoparticles on the repair strength of polymethyl methacrylate denture bases*. Int J Nanomedicine. 2016;11:5633–5643.
8. Alamgir M, Mallick A, Nayak GC, Tiwari SK. *Development of PMMA/TiO₂ nanocomposites as excellent dental materials*. J Mech Sci Technol. 2019;33:4755–4760.
9. Aldabib JM, Ishak ZAM. *Effect of hydroxyapatite filler concentration on mechanical properties of poly (methyl methacrylate) denture base*. SN Appl Sci. 2020;2:732.
10. An S, Evans JL, Hamlet S, Love RM. *Overview of incorporation of inorganic antimicrobial materials in denture base resin: A scoping review*. J Prosthet Dent. 2023;130:202–211.
11. Nabhan A, Taha M, Ghazaly NM. *Filler loading effect of Al₂O₃/TiO₂ nanoparticles on physical and mechanical characteristics of dental base composite (PMMA)*. Polym Test. 2023;117:107848.
12. Elhmali HT, Stajcic I, Stajcic A, Pesic I, et al. *Influence of Novel SrTiO₃/MnO₂ Hybrid Nanoparticles on Poly(methyl methacrylate) Thermal and Mechanical Behavior*. Polymers (Basel). 2024;16(2):278.
13. Lauke B, Fu SY. *Aspects of fracture toughness modelling of particle filled polymer composites*. Compos Part B Eng. 2013;45(1):1569–1574.
14. Alhareb AO, Akil HBM, Ahmad ZAB. *Poly(methyl methacrylate) denture base composites enhancement by various combinations of nitrile butadiene rubber/treated ceramic fillers*. J Thermoplast Compos Mater. 2017;30(8):1069–1090.
15. Chen SG, Yang J, Jia YG, Lu B, et al. *TiO₂ and PEEK reinforced 3D printing pmma composite resin for dental denture base applications*. Nanomaterials. 2019;9(7):1049.
16. Sosiati H, Rizky AM, Latief ALM, Adi RK, et al. *The mechanical and physical properties of microcrystalline cellulose (MCC)/sisal/PMMA hybrid composites for dental applications*. Mater Res Express. 2023;10(3):035301.
17. Wu M, Huang HX, Yu LM. *Facile approach for largely refining phase domains of PMMA/PS blends and improving their properties during extrusion*. Polym Test. 2021;93:106918.
18. Cai H, Zheng B, Zhu D, Wu Y, et al. *Regulation of dewetting and morphology evolution in spin-coated PS/PMMA blend films via graphene-based Janus nanosheets*. Appl Surf Sci. 2023;630:157393.
19. Song YB, Song XD, Cheng CJ, Zhao ZG. *Poly(4-styrenesulfonic acid-co-maleic acid)-sodium-modified magnetic reduced graphene oxide for enhanced adsorption performance toward cationic dyes*. RSC Adv. 2015;5(106):87030–87042.
20. Shapoval O, Engstová H, Jiráček D, Drahošoupil J, et al. *Poly(4-Styrenesulfonic Acid-co-maleic Anhydride)-Coated NaGdF₄:Yb,Tb,Nd Nanoparticles with Luminescence and Magnetic Properties for Imaging of Pancreatic Islets and β -Cells*. ACS Appl Mater Interfaces. 2022;14(16):18233–18247.
21. Si Y, Liu H, Yu H, Jiang X, Sun D. *A heterogeneous TiO₂/SrTiO₃ coating on titanium alloy with excellent photocatalytic antibacterial, osteogenesis and tribocorrosion properties*. Surf Coatings Technol. 2022;431:128008.
22. Lohbauer U, Müller FA, Petschelt A. *Influence of surface roughness on mechanical strength of resin composite versus glass ceramic materials*. Dent Mater. 2008;24(2):250–256.

23. Reinaldo JS, Pereira LM, Silva ES, Macedo TCP, et al. *Thermal, mechanical and morphological properties of multicomponent blends based on acrylic and styrenic polymers*. Polym Test. 2020;82:106265.
24. Mrđenović D, Abbott D, Mougel V, Su W, et al. *Visualizing Surface Phase Separation in PS-PMMA Polymer Blends at the Nanoscale*. ACS Appl Mater Interfaces. 2022;14(21):24938–24945.
25. Cui S, Cui C, Xie J, Liu S, et al. *Carbon fibers coated with graphene reinforced TiAl alloy composite with high strength and toughness*. Sci Rep. 2018;8:2364.
27. Scherzer SL, Pavlova E, Esper JD, Starý Z. *Phase structure, rheology and electrical conductivity of co-continuous polystyrene/polymethylmethacrylate blends filled with carbon black*. Compos Sci Technol. 2015;119:138–147.
28. Sultana SMN, Pawar SP, Sundararaj U. *Effect of Processing Techniques on EMI SE of Immiscible PS/PMMA Blends Containing MWCNT: Enhanced Intertube and Interphase Scattering*. Ind Eng Chem Res. 2019;58(26):11576–11584.
29. Zhang R, Mohammed IK, Taylor AC, Charalambides MN. *A microstructure image-based numerical model for predicting the fracture toughness of alumina trihydrate (ATH) filled poly(methyl methacrylate) (PMMA) composites*. Compos Part B Eng. 2022;232:109632.
30. Rahmani H, Eslami-Farsani R, Ebrahimnezhad-Khaljiri H. *High Velocity Impact Response of Aluminum-Carbon Fibers-Epoxy Laminated Composites Toughened by Nano Silica and Zirconia*. Fibers Polym. 2020;21:170–178.
31. Raja K, Raja PM, Ramesh PM. *Investigation on SPEEK/PAI/SrTiO₃-based nanocomposite membrane for high-temperature proton exchange membrane fuel cells*. Ionics (Kiel). 2019;25:5177–5188.
32. Rocha-Rangel E, Pech-Rodríguez WJ, López-Hernández J, Calles-Arriaga CA, et al. *Synthesis of SrTiO₃ by the calcination of SrCO₃ and TiO₂ mixtures intensively ground by means of high energy milling*. Arch Metall Mater. 2020;65:621–626.
33. Yousefi F, Mousavi SB, Heris SZ, Naghash-Hamed S. *UV-shielding properties of a cost-effective hybrid PMMA-based thin film coatings using TiO₂ and ZnO nanoparticles: a comprehensive evaluation*. Sci Rep. 2023;13:7116.
34. Radovic I, Stajcic A, Radisavljevic A, Veljkovic F, et al. *Solvent effects on structural changes in self-healing epoxy composites*. Mater Chem Phys. 2020;256:123761.
35. Stajcic, I.; Stajcic, A.; Serpa, C.; Vasiljevic-Radovic, D.; Randjelovic, B.; Radojevic, V.; Fecht, H. *Microstructure of Epoxy-Based Composites: Fractal Nature Analysis*. Fractal Fract. 2022, 6, 741.

3. Полазне хипотезе

1. Уградња наночестица и хибридних керамичких пунила (SrTiO₃, MnO₂, Y₂O₃) у РММА матрицу довешће до значајног побољшања механичких својстава материјала, укључујући микро-тврдоћу, отпорност на ударце и модул еластичности.
2. Хибридна пунила као што су SrTiO₃/MnO₂ и SrTiO₃/Y₂O₃ испољиће синергијске ефекте који ће омогућити бољу дисперзију, смањену агломерацију и равномернију расподелу напрезања унутар матрице, у поређењу са композитима који садрже појединачна пунила.
3. Увођење PSSMA као полиелектролитног модификатора допринеће хомогенијој расподели керамичких пунила у РММА матрици, као и формирању микрофазних структура које учествују у апсорпцији и дисипацији напрезања, чиме се додатно повећавају отпорност на ударце и микро-тврдоћа материјала.

4. Анализа фракталне геометрије и статистичка обрада морфолошких података о агломератима наночестица омогућиће квантитативну корелацију са механичким перформансама композита, чиме ће се створити основа за предиктивно моделовање понашања материјала.

4. Научне методе истраживања

Истраживање ће се спроводити кроз мултидисциплинарни експериментални приступ који ће обухватити синтезу наночестица, припрему композитних узорака, њихову структурну, морфолошку, термичку и механичку карактеризацију, као и примену напредних статистичких и фракталних анализа. У првој фази, планирано је да се припреме SrTiO_3 , MnO_2 и Y_2O_3 наночестице и њихови хибриди ($\text{SrTiO}_3/\text{MnO}_2$ и $\text{SrTiO}_3/\text{Y}_2\text{O}_3$), методом суве мешавине и топлотне обраде (синтерње) на високим температурама у инертној атмосфери, како би се подстакло стварање површинске реактивности између честица. Добијени хибриди биће затим инкорпорирани у комерцијални PMMA двокомпонентни систем, а хомогена дисперзија биће постигнута механичким мешањем и ултразвучном хомогенизацијом. Структурна карактеризација биће извршена помоћу X-ray дифракционе анализе (XRD) ради идентификације кристалних фаза и величине кристалита, док ће FTIR спектроскопија служити за праћење хемијских интеракција и присуства остатака мономера. Термичка својства и температура стакластог прелаза (T_g) биће испитане диференцијалном скенирајућом калориметријом (DSC). Морфолошка анализа планира се помоћу електронске микроскопије са емисијом поља (FESEM), а квантитативна анализа агломерата и дистрибуције величине честица биће спроведена софтвером Image-Pro Plus. Механичка својства биће одређена применом затезног теста (за модул еластичности и затезну чврстоћу), микроиндентационог теста (за тврдоћу и редуцирани модул), као и тестом ударне отпорности са контролисаном енергијом. Посебан сегмент истраживања биће фрактална анализа FESEM слика помоћу софтверског пакета Fractal Real Finder, који омогућава одређивање Hausdorff-ове димензије агломерата и њихово довођење у везу са механичким перформансама композита. Статистичка обрада добијених резултата биће спроведена применом Студентовог t-теста и регресионе анализе. Оваква интеграција експерименталних и математичких метода омогућиће свеобухватну интерпретацију утицаја микроструктуре на функционална својства PMMA композита.

5. Очекивани научни допринос

- Успостављање јасне корелације између микроструктурних карактеристика и макроскопских својстава композита, коришћењем фракталне геометрије и статистичке анализе као алата за оптимизацију дизајна материјала.
- Приказ и потврда постојања синергијских ефеката између компоненти у хибридним пунилима ($\text{SrTiO}_3/\text{MnO}_2$ и $\text{SrTiO}_3/\text{Y}_2\text{O}_3$), као и између керамичких пунила и PSSMA, који заједно доприносе унапређењу укупних перформанси композита у погледу механичке отпорности и микроструктурне стабилности.
- Евалуација PSSMA, као функционалног органског адитива који побољшава интеракцију између неорганских честица и PMMA матрице и омогућава ефикаснију дистрибуцију пунила, без нарушавања процеса полимеризације, чиме се отвара могућност дизајна вишефазних нанокомпозита са побољшаним својствима.

- Оптимизација концентрација пунила и стратегија дисперзије које су применљиве у индустријском окружењу за производњу висококвалитетних стоматолошких материјала.
- Допринос развоју биоинспирисаног дизајна композита, кроз повезивање морфологије наноагрегата са инжењерским својствима, чиме се превазилази јаз између микроструктуре и макроскопског понашања материјала.

6. План истраживања и структура дисертације

Докторска дисертација ће бити писана на енглеском језику. Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментали део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература. У Уводу ће бити представљени основни проблеми у савременој употреби материјала на бази РММА у стоматологији, ограничења њихове примене, и потреба за механичким унапређењем. Јасно ће бити дефинисани циљеви, хипотезе и значај истраживања. Теоријски део обухвата преглед актуелне литературе о РММА композитима, механичком ојачавању помоћу наночестица, хибридним пунилама и њиховим ефектима на структуру и својства материјала. Такође ће бити представљени теоријски темељи фракталне анализе у контексту карактеризације микроструктуре композита. У поглављу Експериментали део биће детаљно описана процедура синтезе наночестица, припрема композита, као и све коришћене методе карактеризације, уз образложење њихове улоге у остваривању циљева истраживања. У поглављу Резултати и дискусија, експериментални подаци биће представљени у јасном и упоредивом формату, са посебним фокусом на разлике између монофазних и хибридних пунила. Укључиће се микроструктурне анализе, термички параметри, резултати механичких тестова и фракталне карактеристике агрегата. У овом поглављу ће бити представљена анализа и интерпретација добијених резултата кроз призму теорије и претходних истраживања. Посебно ће бити разматрана корелација између морфологије агрегата и механичких својстава композита. Дискутоваће се и о потенцијалима за клиничку примену и ограничењима студије. У Закључку ће бити сумирани кључни налази истраживања и предложене будуће истраживачке активности, укључујући варирање концентрације пунила, биолошка испитивања (антибактеријска активност), и клиничку валидацију развијених материјала. У поглављу Литература теоријска разматрања и експериментална истраживања биће испраћена литературним наводима и радовима проистеклим из резултата из ове дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног Комисија сматра да кандидат Houda Taher Elhmali Ibrahim испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под насловом Синтеза и карактеризација полимерних композита ојачаних наночестицама на бази стронцијум-титаната за примену у стоматологији (Synthesis and characterization of polymer composites reinforced with strontium titanate-based nanoparticles for dentistry applications) научно заснована и да представља значајан научни допринос научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Инжењерство материјала за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матичан. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да

кандидату Houdi Taher Elhmali Ibrahim одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. Ради успешне реализације сложених мултидисциплинарних истраживања за менторе ове докторске дисертације се предлажу др Весна Радојевић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Ивана Стајчић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке 'Винча' Универзитета у Београду.

Београд, 15.04.2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

Др Весна Радојевић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....

Др Ивана Стајчић, виши научни сарадник
Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке 'Винча'

.....

Др Радмила Јанчић Хајнеман, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....

Др Душица Стојановић, научни саветник
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....

Др Милош Петровић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет