



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

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме за израду докторске дисертације и испуњености услова кандидата **Желька Цимбаљевића.**

Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу је на седници одржаној 11.10.2023. године донело Одлуку број 460/XII-1, којом утврђује предлог за именовање комисије за писање извештаја о оцени научне заснованости теме за израду докторске дисертације под предложеним насловом „**Оптимизација и моделовање нуклеарних траг детектора**”, и испуњености услова кандидата Желька Цимбаљевића, истраживача-приправника на Природно-математичком факултету у Крагујевцу и студента докторских академских студија физике. На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 22.11.2023. године, донета је одлука број IV-01-875/5 о именовању Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације под наведеним насловом.

Комисија је у следећем саставу:

1. др Владимир Удовичић, научни саветник, члан комисије

Универзитет у Београду, Институт за Физику у Земуну

Научна област: Физика

2. проф. др Драгана Крстић, ванредни професор, **председник комисије**

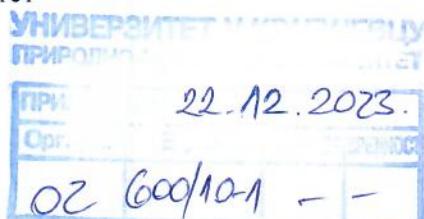
Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет

Ужа научна област: Радијациона физика.

3. проф. др Ненад Стевановић, ванредни професор, члан комисије

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет

Ужа научна област: Радијациона физика.





На основу увида у достављени материјал Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

- Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

Предмет теме предложене докторске дисертације је оптимизација и унапређење начина коришћења нуклеарних траг детектора (Solid State Nuclear Track Detectors – SSNTD) за детекцију тешких наелектрисаних честица. Нуклеарни траг детектори имају широку примену у детекцији неутрона, алфа честица, фисионих фрагмената и других тешких наелектрисаних честица. Њихове најбитније особине су једноставност и ниска цена израде. Најраспрострањенија примена нуклеарних траг детектора је у области радиоекологије, где се користе за мерење концентрације амбијенталних радионуклида присутних у амбијенталним срединама, тј. просторијама у којима људи бораве. Ради се о изотопима радона и њиховим краткоживећим потомцима, чије присуство је идентификовано као веома штетно по људски организам у случају повишеног амбијанталних концентрација. Радон гас, укључујући и његове радиоактивне потомке је идентификован као један од главних узрочника канцера плућа, тачније други по реду, након дуванској дима. То је један од главних разлога за потребом за континуираним мониторингом присутности радона у амбијенталним просторијама и идентификацијом геолошких подручја са природно повећаним фоном зрачења које потиче од ових радионуклида. За одређивање концентрације радона, користе се дифузионе коморе са постављеним нуклеарним траг детекторима унутар њих и постављеним филтер папирима на отвореној страни коморе. Овакав дизајн детектора омогућава веома јефтину инсталацију која се састоји од дифузионе коморе, у виду плексигласне посуде у коју може дифундовати радон гас из непосредне околине атмосфере и распадати се. Дифузија радона је двосмерна, тако да је радон гас у комори у равнотежи са концентрацијом у атмосфери, јер брзина процеса дифузије доминира над брзином промене амбијенталне концентрације. По доспевању радона унутар коморе, он се распада и формира потомке, који за разлику од радона остају задржани јер услед присуства филтер папира не могу дифундовати ван коморе. Њихов распад, као и распад самог радона, доприноси траговима на нуклеарном траг детектору који се поставља у комору. Овакав принцип је у



употреби веома дugo и служи за процену концентрације радона на основу трагова од радона и његових потомака.

И поред дуге употребе овакве инсталације нуклеарних траг детектора, методологија калибрације је и даље са веома великим несигурношћу, а у појединим случајевима постоји могућност да је и погрешна. Калибрација детектора се врши теоријски, математичким прорачунавањима или експериментално, коришћењем радонских комора. Сви ови методи подразумевају стационарно стање, које не одговара употреби у реалним физичким условима, када долази до дневне варијације концентрације радона. Циљ ове дисертације је да укаже на грешке у методологији и предложи корекционе факторе за прорачун калибрације. Поред тога, развојем математичко-физичког модела коморе, отвара се могућност оптимизације параметара коморе и проналажења „идеалне“ дифузионе коморе за одређивање концентрације радона. У том смислу, још један од циљева теме ове дисертације је омогућавање дискриминације трагова појединачних радионуклида, оптимизацијом геометрије и дизајна дифузионе коморе и врсте нуклеарних траг детектора.

- Значај предложене теме за развој науке и оригиналност идеје

Последица истраживања у оквиру предложене докторске дисертације ће бити веома значајна на пољу радиоекологије, јер ће омогућити сложенију анализу амбијенталних параметара. Поред самог одређивања концентрације радона, омогућиће се одређивање и концентрације његових потомака. На тај начин постојећи детектори ће добити сасвим нову могућност рада, што ће у многоме унапредити њихову сврху: од „бројача“ трагова, настаће спектрометар алфа честица, уз нимало или веома мало измена услед оптимизације. Овај резултат ће представљати оригинални допринос кандидата, као последица истраживања везаним за тему дисертације.

Резултат докторске дисертације кандидата Желька Цимбалјевића може у великој мерим имати допринос научно-истраживачкој заједници, а и општој популацији, јер ће омогућити одређивање додатних параметара који битно утичу на експозицију опште популације природном зрачењу. Пре свега се мисли на равнотежни фактор између радона и потомака, који се и даље узима литературним, тј. фиксираним на основу одређених истраживања у датим условима. Међутим други услови могу водити ка другим вредностима фактора, а самим тим и другој изложености опште популације, за исте концентрације радона. Крајњи



исход рада у оквиру докторске дисертације кандидата Желька Цимбаљевића ће у великој мери допринети научно-истраживачкој заједници.

- Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Нуклеарни траг детектори се већ неколико деценија учестано користе за детекцију тешких наелектрисаних честица и процедуре њихове употребе је прилично стандардизована. Начин коришћена и калибрације ових детектора је опширно описан у великом броју научних и прегледних радова. Чињеница која је такође позната је да се нуклеарни траг детектори, осим у специјалним случајевима, углавном користе за преbroјавање трагова које су честице јонизујућег зрачења оставиле у њему. На тај начин се долази до главне физичке величине од интереса, густине трагова на самом детектору. Поред броја трагова, веома интересантна чињеница је да детектор у себи носи спектроскопске информације о честици која је индуковала траг, пре свега информације о енергији упадне честица, али и информације о структури трага, тј. правцу кретања честице. Ове информације, осим у ретким случајевима (скенирањем AFM-ом Atomic Force Microscope нпр.) остају неискоришћене, јер је начин доласка до тих информација доступан само коришћењем софистицираних уређаја. Међутим то не оповргава чињеницу да су те информације складиштене у самој структури трага. Поналажењем начина да се на једноставан начин екстрахују релевантне информације би отворио пут до комерцијалне употребе траг детектора за дискриминацију упадне енергије алфа честица. У случају када се траг детектори користе за одређивање концентрације амбијенталних радионуклида у затвореним просторијама, дискриминација врсте трагова од различитих радионуклида би водила ка могућности њихове дискриминације и тачно одређивање концентрације сваког понаособ. То би довело до могућности директног одређивања фактора равнотеже између радона и његових потомака, процена изложености становништва би се заменила реалном израчунатом вредношћу за дате амбијенталне услове. Познавањем физичких процеса присутних у дифузионим коморама са нуклеарним траг детекторима, отворила би се могућност моделовања коморе и дефинисањем начина дискриминације трагова различитих амбијенталних радионуклида.

За остваривање крајњих циљева дисертације и трансформацију нуклеарних траг детектора у спектрометар потребно је првенствено потпуно разумевање физичких процеса



који се одигравају у нуклеарним траг детекторима. Унутар дифузионе коморе, главни физички процеси којима је дифинисан рад коморе су дифузија, распад и депозиција радона и његових потомака. Полазећи од основних физичких процеса, потребно је направити модел нуклеарних траг детектора у дифузионим коморама. На основу предвиђања теоријских модела, може се доћи до оптималних димензија дифузионе коморе и начина за дискриминацију трагова радона и његових потомака. За валидацију теоријског модела, неопходно је извршити серију експеримената у којима се у реалним условима добијају резултати, које исправан физички модел мора реконструисати. При усаглашавању теорије и експеримента, надаље је могуће извршити екстраполацију теоријских предвиђања и предвидети ситуације у којима се трагови могу дискриминисати. Само теријско моделовање подразумева математичку формулатију проблема у виду дефинисања система једначина које описују процесе дифузије, распада и депозиције. Како се ради о систему парцијалних диференцијалних једначина другог реда, за сваки радионуклид понаособ, неопходно је написати програм за решавање датог проблема. Програм једно представља математичко решење модела и истовремено омогућава оптимизацију коморе. За верификацију теоријског модела, спровешће се експерименти у којима ће радијумска руда, као извор радона бити у амбијенталном контакту са нуклеарним траг детекторима. На основу трагова на детекторима и познавањем концентрације радионуклида, може се извршити верификација теоријског модела. За одређивање реалних концентрација, користиће се активни детектори са јонизујућим коморама, типа RAD7 или нуклеарни траг детектори познате калибрације. Теоријско моделовање и експерименти ће се извршити за следеће типове нуклеарних траг детектора: CR-39, Макрофол, LR-115. Додатни кораци у оквиру теме дисертације је систематско озрачивање нуклеарних траг детектора алфа честицама дискриминисаних енергија, где ће се као параметри јавити енергија и упадни угао. На основу великог броја трагова креираних при дефинисаним условима (дискриминисане упадне енергије и угла) систематски ће се изучавати веза између структуре трага и параметара упадне честице, како би се дефинисала један на један кореспонденција између ових величине. На тај начин нуклеарни траг детектор може добити спектрометријска својства, што води ка развоју најјефтинијег спектрометра алфа честица.



M. Milosevic, N. Stevanovic, V. M. Markovic and **Z. Cimbaljevic**, *Finite difference time domain method of light propagation through inhomogeneous media*, Optica Applicata (prihvaćeno za publikaciju).

Радови објављени у часописима који нису са SCI листе:

Milan S Kovačević, Marko M Milošević and **Željko M Cimbaljević**, *A new liquid density measurement method based on elastic spring stretching*, Physics Education 56 (3) (2021), DOI: 10.1088/1361-6552/abebb9

Радови објављени у домаћем часопису:

Željko M. Cimbaljević, Milena P. Živković, Marko M. Milošević, Dragana Ž. Krstić, Tatjana B. Miladinović, Vladimir M. Marković, and Nenad D. Stevanović. *Gamma spectrometry analysis and health risk assessment of edible liquids*. Kragujevac Journal of Science, no. 45 (2023): 15-20. <https://doi.org/10.5937/KgJSci2345015C>.

Marko M. Milošević, **Željko M. Cimbaljević**, Milena P. Živković, Nenad D. Stevanović, Vladimir M. Marković, and Dragana Ž. Krstić. *Analysis of Specific absorption rate in the human head model exposed to radiofrequency radiation*. Kragujevac Journal of Science, no. 45 (2023): 7-14. <https://doi.org/10.5937/KgJSci2345007M>.

Радови објављени на међународним и националним конференцијама:

Marko M. Milošević, **Željko M. Cimbaljević** i Milan S. Kovačević, *Određivanje gustine tečnosti pomoću elastične opruge*, Zbornik radova 8. Međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama Aleksinac (2020), str. 125-128.

Ненад Стевановић, Милан С. Ковачевић, Владимира М. Марковић, Марко Милошевић, **Жељко Цимбалјевић** и Алекса Ђурђевић, *Теслин трансформатор као наставно средство*, Зборник радова 8. Међународне конференције о настави физике у средњим школама Алексинац (2020), стр. 210-213.

Жељко М. Цимбалјевић, Владимира Марковић, Ненад Стевановић и Марко М. Милошевић, *Наставно учило са Ардуином као инструментом за анализу RC кола*, Зборник радова 9. Међународне конференције о настави физике у средњим школама Алексинац (2021), стр. 65-72.



Жељко М. Цимбаљевић, Ивана Васиљевић, Марко Милошевић и Владимира Марковић,
Примери електричног прајсњења и плавме у атмосфери, Настава физике 12 (2023), стр. 63-
68.

Жељко М. Цимбаљевић, Владимира Марковић, Марко Милошевић и Ивана Васиљевић,
Физика плавме, Настава физике 12 (2023), стр. 125-130.

Ивана Васиљевић, Жељко М. Цимбаљевић и Марко Милошевић, *Физика обновљивих
извора енергије кроз огледе*, Настава физике 12 (2023), стр. 201-205.

- предлог за ментора са његовим референцима којима се доказује испуњености
услови за менторство

Институт за физику Природно-математичког факултета у Крагујевцу за ментора ове дисертације предлаже др Владимира Марковића, доцента Природно-математичког факултета у Крагујевцу. Доцент, др Владимир Марковић се успешно бави научно-истраживачким радом из уже научне области Радијационе физике и има више објављених радова у часописима са SCI листе, као и бројна саопштења на конференцијама. Имајући у виду циљеве и очекиване резултате ове дисертације, сматрамо да испуњава услове да буде ментор ове докторске дисертације.

Списак изабраних референци у вези са темом докторске дисертације

1. N. Stevanovic, V.M. Markovic, M. Milosevic, A. Djurdjevic, J.M. Stajic, B. Milenkovic, D. Nikezic **Correlations between track parameters in a solid-state nuclear track detector and its diffraction pattern**, Radiation Physics and Chemistry 193 (2022) 109986, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2022.109986>
2. V.M. Markovic, J.M. Stajic, B. Milenkovic, N. Stevanovic, **Alpha track distribution on lateral wall of cylindrical radon diffusion chamber**, Radiation Physics and Chemistry 191 (2022) 109873 <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109873>
3. J.M. Stajic, V.M. Markovic, B. Milenkovic, N. Stevanovic, D. Nikezic, **Distribution of alpha particle tracks on CR-39 detector in radon diffusion chamber**, Radiation Physics and Chemistry 181 (2021) 109340, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109340>
4. Maja Eremic Savkovic, Vladimir Udovicic, Dimitrije Maletic, Gordana Pantelic, Predrag Ujic, Igor Celikovic, Sofija Forkapic, Vladimir Markovic, Vesna Arsic, Jovana Ilic and Branko



Markoski, **Results of the first national indoor radon survey performed in Serbia**, J. Radiol. Prot. 40 (2020) N22–N30 (9pp), <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ab749e>

5. V.M. Markovic, A.G. Markovic, N. Stevanovic, D. Nikezic, **Rn progeny diffusion, deposition and track distribution in diffusion chamber with permeable membrane**, Radiation Measurements 124 (2019) 146–157

• **Подобност теме и кандидата**

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „**Оптимизација и моделовање нуклеарних траг детектора**”, кандидата **Жељка Цимбаљевића**, са образложеним предметом, циљевима рада и очекиваним резултатима, насталим детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу **оригинална идеја**.

Кандидат ће у својој докторској дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког рада поштујући основне критеријуме принципа и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања. Докторанд ће детаљно проверавати основне хипотезе анализом литературе и доступних извора, у већини случајева новијег датума.

У достављеној пријави теме докторске дисертације, установљено је дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, методама истраживања и предложеним хипотезама. У досадашњем периоду ангажовања, Жељко Цимбаљевић је савладао методологију и вештину самосталног истраживања. Поред тога, докторанд је испољио запажену научну активност која се манифестије кроз смисао за анализу и решавање научних проблема из области која је предмет дисертације.

Предложена тема обухвата истраживање веома актуелне и значајне проблематике. Очекује се да ће добијени резултати ове докторске дисертације бити објављени у више радова који су били публиковани у подобрих научних часописима из докторске дисертације.



На основу свега наведеног у претходним тачкама овог Извештаја, Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

На основу свега изложеног, Комисија закључује да кандидат **Жељко Џимбаљевић**, испуњава све услове предвиђене законом и статутом Природно-математичког факултета у Крагујевцу за израду докторске дисертације из области физичких наука. Комисија такође сматра да је предложена тема докторске дисертације научно интересантна и значајна, односно да је научно оправдана. Због тога Комисија предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да одобри израду пријављене докторске дисертације кандидату под називом:

„**Оптимизација и моделовање нуклеарних траг детектора**“.

За ментора се предлаже др **Владимир Марковић**, доцент Природно-математичког факултета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,

12.12.2023. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др **Владимир Удовичић**, научни саветник, члан комисије

Универзитет у Београду, Институт за Физику у Земуну

Научна област: Физика

проф. др **Драгана Крстић**, ванредни професор, председник комисије

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,

Ужа научна област: Радијациона физика.

проф. др **Ненад Стевановић**, ванредни професор, члан комисије

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,

Ужа научна област: Радијациона физика.



Крагујевац

20.12.2023. године

**УПРАВНИКУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ И НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме за израду докторске дисертације и испуњености услова кандидата **Жељка Цимбалјевића.**

Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу је на седници одржаној 11.10.2023. године донело Одлуку број 460/XII-1, којом утврђује предлог за именовање комисије за писање извештаја о оцени научне заснованости теме за израду докторске дисертације под предложеним насловом „**Оптимизација и моделовање нуклеарних траг детектора**”, и испуњености услова кандидата Жељка Цимбалјевића, истраживача-приправника на Природно-математичком факултету у Крагујевцу и студента докторских академских студија физике. На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 22.11.2023. године, донета је одлука број IV-01-875/5 о именовању Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

Комисија је у следећем саставу:

1. др **Владимир Удовичић**, научни саветник, члан комисије
Универзитет у Београду, Институт за Физику у Земуну
Научна област: Физика
2. проф. др **Драгана Крстић**, ванредни професор, **председник комисије**
Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет
Ужа научна област: Радијациониа физика.
3. проф. др **Ненад Стевановић**, ванредни професор, члан комисије
Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет
Ужа научна област: Радијациониа физика.

Комисија је поднела извештај 12.12.2023. са свим релевантним елементима и констатовала да Кандидат испуњава све Законом и Правилницима прописане услове.

Као Руководилац ДАС констатујем да су сви услови испуњени да се Извештај проследи у даљу процедуру.

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ДАС ФИЗИКА
22.12.2023.
02 600/9 --

Руководилац ДАС физике

Марко Ђ. Марковић
Доц. др Владимир Марковић