



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

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Христине С. Делибашић-Марковић.

Веће за Природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу је на предлог Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Крагујевцу (Одлука број 310/IX-1 од 28.06.2023. године), на седници одржаној 05.07.2023. године, донело одлуку број IV-01-465/10 о именовању председника и чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом: „Теоријско-нумериичка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“, кандидата Христине С. Делибашић-Марковић, мастер физичара (ментор дисертације је проф. др Виолета Петровић (Одлука број IV-01-771/6 од 13.10.2021. године)), у следећем саставу:

1. др Светислав Савовић, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Субатомска физика (председник комисије);
2. др Иван Манчев, редовни професор, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Теоријска физика;
3. др Милан Ковачевић, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика;
4. др Сања Тошић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за физику у Београду, научна област: Физика;
5. др Јасна Стевановић, доцент, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика.

Кандидат Христина С. Делибашић-Марковић, мастер физичар, је у складу са Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у



Крагујевцу, доставила рукопис докторске дисертације под насловом „**Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла**“. На основу приложене документације и рукописа, Комисија подноси Наставно-научном већу Природно-математичког факултета следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Опис докторске дисертације

**Предмет истраживања** ове докторске дисертације се односи на изабране аспекте интеракције импулсног ласерског снопа са биолошким материјалом. Од посебног значаја су аналитички изрази за предикцију временске расподеле концентрације слободних електрона који могу настати као резултат интеракције ласер-материјал, као и критични процеси у њиховој производњи. Ови процеси обухватају еластичне сударе, ексцитацију електрона, фотојонизацију, каскадну јонизацију, термалну јонизацију, јонизацију хромофора, дифузију, електрон-јон рекомбинацију, и секундарну електронску емисију. Истраживање укључује различите површинске електромагнетне модификације биолошких мета, док је секундарни фокус на проучавању појаве плазме индуковане испред мете. Резултати ове дисертације указују на то да ефикасност и интензитет интеракције ласерског снопа са биолошким материјалима зависе од бројних фактора. Овим се сугерише да је варијабилност овог процеса вишедимензионална и не може се једноставно свести на један или два кључна параметра. Да би се потпуно разумела ова интеракција, неопходно је узети у обзир широк спектар фактора и анализирати како они међусобно интерагују. Показано је да ти фактори укључују таласну дужину ласерског снопа, дужину трајања импулса, енергију импулса, стање површине, апсорптивност мете, као и геометрију фокусирања. Ови закључци су потврђени кроз бројне експерименте током истраживања. У даљој анализи, разматрани су параметри кратких и ултракратких импулсних ласера. Откривено је да примењени интензитети ласерског зрачења не само да доводе до продукције слободних електрона, већ и до површинских модификација. Импулси различитих трајања узрокују различите ефekte на посматрани материјал. Док наносекундни и пикосекундни импулси доводе до дифузног карактера оштећења с присутошћу термалних ефеката, употреба фемтосекундних ласера резултира у боље дефинисаним областима оштећења. Формирање теоријског и нумеричког модела, како је описано у докторској дисертацији кандидата, може пружити дубљи увид у начин на који правilan избор таласне дужине, фреквенције репетирања, густине енергије, снаге и ширине импулса ласера може довести до смањења нежељених ефеката на посматрано ткиво. Резултати добијени током рада на докторској дисертацији су верификовани поређењем са доступним експерименталним и нумеричким подацима, доприносећи тако интегритету целокупне студије. Ова дисертација не само да пружа комплетан физички преглед процеса, већ и отвара нове правице за будућа истраживања, истовремено пружајући оригиналан допринос научном пољу.



У складу са наведеним, постављени су појединачни **циљеви** докторске дисертације:

- оптимизација процеса модификације површине биолошког материјала помоћу кратких и ултракратких ласерских импулса.
- извршење нумеричких симулација различитих процеса који непосредно утичу на временску расподелу слободних електрона.
- извођење иновативних аналитичких решења нелинеарних диференцијалних једначина које описују производњу слободних електрона.

У Уводу ове докторске дисертације, пажљиво су приказани литературни подаци који се односе на основне карактеристике, као и механизме генерирања ласерског зрачења, обезбеђујући темељни увид у сложеност и динамику овог физичког феномена. У даљој анализи, описан је утицај високо-интензивиране ласерске светlostи на материјале биолошког порекла, са посебним фокусом на феномен познат као ласером индуковани слом (Laser Induced Breakdown - LIB). Овај феномен, иако комплексан, заузима централно место у описивању интеракција између ласерске светlostи и мете. Кључни изазов у разумевању и моделовању овог феномена представљало је проучавање механизама који доводе до формирања високоенергијског стања материје услед изложености високим притисцима и температурама. У овој анализи, посебна пажња је посвећена консеквенцијама ових интеракција на материјале биолошког порекла, што има далекосежне импликације за различите научне и медицинске дисциплине. Поред тога, у уводу је наведено неколико теоријских приступа за описивање овог феномена, укључујући хидродинамички модел, кинетички модел, хибридни модел, модел оптичке апсорпције и дисперзије, као и моделе који разматрају утицај времена излагања и таласне дужине ласера на формирање слободних електрона. Додатна анализа је посвећена кинетичком моделу, који представља централну основу ове дисертације, и који је пажљиво и детаљно разрађен. Завршна секција увода је оријентисана ка анализи специфичне проблематике коју дисертација проучава, са посебним освртом на потенцијале примене развијеног теоријско-нумеричког модела. Овде се износе различите могућности експлоатације ових истраживања у практичним и теоријским оквирима, сугеришући на широк спектар могућих апликација које произлазе из ове докторске дисертације. Увод је написан на основу задовољавајућег броја литературних навода и садржи довољан број адекватних описа које олакшавају разумевање наредних поглавља.

Поглавље **Ласери: основни принципи и примене** је посвећено пружању увида у суштинске принципе и апликације ласера у области генерирања електромагнетног зрачења. Детаљно се анализирају структура и функционалност његових компонената, уз посебан осврт на феномене интеракције између ласера и материјала на које се његово зрачење усмерава. Иако је докторска дисертација претежно теоријског карактера, не може се занемарити значај њене практичне применљивости, који произилази из разумевања експерименталних фактора у процесима интеракције ласера и материјала. Стога, у овом поглављу је интегрисан квалитативни опис експерименталних истраживања. Циљ је пружити детаљан увид у процесе генерирања електромагнетног зрачења, касније прелазећи у специфичности производње ласерске светlostи. У оквиру теоријске дискусије, уводи се концепт електромагнетних таласа кроз интерпретацију Максвелових једначина. На темељу



овако добијених израза, пружа се анализа карактеристика поларизације ових таласа. Додатно, изводе се Ајнштајнови коефицијенти, који су есенцијални за разумевање процеса спонтане и стимулисане емисије, као и апсорпције ласерског зрачења. Приказана теоријска разматрања се потом примењују у контексту ласерске технологије, уз детаљну илустрацију и објашњење сваке фазе. Коначно, у овом поглављу се описује структура и функција појединачних компоненти ласера, са посебним нагласком на њиховој улози у производњи кохерентне светlostи. Основна идеја којом је вођено овакво структуирање поглавља Ласери: основни принципи и примене јесте систематизација и логичка организација различитих тематских целина. То укључује интеграцију различитих аспеката теорије ласера и његове примене.

У наредном поглављу, **Фундаментални аспекти интеракције ласерског зрачења са површином материјала биолошког порекла**, фокус је постављен на детаљно разматрање есенцијалних аспеката геометрије интеракције ласерског зрачења са површином материјала биолошког порекла. Кључни сегмент истраживања усмерен је на анализу фундаменталних физичких процеса који су инхерентни за ове интеракције, укључујући феномене рефлексије, рефракције, апсорпције, трансмисије и расејања. Примена Френелових формулa у овој дисертацији служи као виталан инструмент у успостављању теоријске анализе оптичких карактеристика биолошких материјала приликом интеракције са ласерским зрачењем. Нумеричка анализа која је спроведена у овом поглављу подразумева израду математичких модела и реализацију нумеричких симулација. Ово подразумева примену алгоритама за креирање модела који осликовају физичке процесе који се јављају током интеракције ласерског зрачења са биолошким материјалима. Такав приступ обезбеђује додатну дубину и прецизност у разумевању ових феномена. Помоћу математичких модела и нумеричких симулација, могуће је извести свеобухватне закључке који приказују како се ови процеси манифестишу под различитим условима и како њихови ефекти варирају у складу са различитим параметрима. Што је још важније, овај приступ омогућава развој практичних увида који прелазе границе чисто теоријског разматрања. У завршном делу овог поглавља, проучава се концепт расејања током интеракције ласерског зрачења са биолошким материјалима. Ово је кључан фактор који утиче на ефикасност феномена ласером индукованог оптичког слома, стога се посебан нагласак ставља на опис овог феномена и на могуће начине његове контроле. Крајњи циљ овог поглавља је успостављање чврсте основе за даља истраживања која ће бити презентована у наредном поглављу.

Четврто поглавље ове докторске дисертације, **Теоријски и нумерички приступи за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла**, је посвећено феномену ласером индукованог оптичког слома, као и пратећим процесима производње слободних електрона под утицајем ласерског зрачења. Централни циљ истраживања је оријентисан ка успостављању теоријског описа овог феномена, са посебним нагласком на концептуализацију, развој и рафинисање модела и математичких једначина које најадекватније описују његову динамику. Ово поглавље обухвата анализу различитих механизама, који директно утичу на продукцију слободних електрона. Размотрене су четири кључне форме јонизације: фотојонизација, каскадна јонизација, термална јонизација и јонизација хромофора. Исто тако, велика пажња је посвећена ефектима губитка електрона, са



посебним фокусом на дифузију и рекомбинацију. Поглавље је структурално подељено у четири главна дела. Први део даје опсежан теоријски увод у феномен ласером индукованог оптичког слома, постављајући темељ за детаљно проучавање процеса производње електрона. Други део се бави израдом концептуалних модела за описивање динамике продукције електрона, укључујући све важне аспекте јонизације и механизме губитка. Ти модели се затим интегришу у глобалну једначину која описује овај комплексан процес. Трећи сегмент поглавља посвећен је методологији аналитичког решавања формулисаног израза. Поред тога, овај део пружа детаљну анализу различитих фактора који су директно релевантни за процесе јонизације и губитка електрона. На крају, последњи део поглавља се усредсређује на нумеричко решавање једначине за продукцију слободних електрона. Овај сегмент нуди преглед примене Рунге-Кута методе за решавање нелинеарних диференцијалних једначина. Ово поглавље има за циљ да пружи детаљну анализу процеса и динамике ласером индукованог оптичког слома. Истовремено, настоји демонстрирати како се ови феномени могу ефикасно моделовати користећи се како теоријским, тако и нумеричким методама.

У поглављу **Резултати и дискусија** детаљно су објашњени резултати добијени у овој докторској дисертацији и упоређени са експерименталним и нумеричким подацима других аутора из ове области. Објашњења ефеката испитиваних параметара на ласером индуковани оптички слом су јасна и поткрепљена литературним наводима.

Поглавље **Закључци** представља приказ закључака изведенних на основу најбитнијих резултата приказаних у претходном поглављу.

Поглавље **Литература** садржи 230 цитираних библиографских јединица. Овај обиман списак указује на комплексност и актуелност теме истраживања.

У **Прилогу** су приказани спискови слика, табела, као и појмова, симбола и константи.

Поглавља **Биографија кандидата** и **Библиографија кандидата** дају информације о личним подацима кандидата Христине С. Делибашић-Марковић, мастер физичара, студента докторских академских студија физике, асистента у Институту за физику Природно-математичког факултета, Универзитета у Крагујевцу, о досадашњем научно-истраживачком раду и достигнућима током студија. Библиографски подаци кандидата су поређани по одговарајућим категоријама.

Кандидат уз биографију и библиографске јединице прилаже и наводе објављених резултата из докторске дисертације у поглављу **Публиковани резултати докторске дисертације**, чиме испуњава услов прописан Правилником. Приложени текст докторске дисертације је технички исправан и у складу са Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, докторског уметничког пројекта Универзитета у Крагујевцу и Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.



На крају дисертације налазе се **изјаве кандидата** о оригиналности, истоветности штампане и електронске верзије, као и изјава о искоришћавању дисертације, потписане од стране кандидата.

**2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација Христине С. Делибашић-Марковић под насловом: „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“ је из научне области Физика, односно уже научне области Атомска, молекулска и оптичка физика.

Дисертација Христине С. Делибашић-Марковић представља напредак у разумевању интеракција између импулсног ласерског зрачења и материјала биолошког порекла. Проблем квантификације параметара јонизације и електронске концентрације, до сада, није био довољно истражен, углавном услед недостатка детаљног и прецизног теоријског модела. Кандидат је овај изазов решио уводећи напредну теоријско-нумеричку методологију, чиме је омогућено прецизније разумевање интеракција између импулсног ласерског зрачења и материјала биолошког порекла. Уведена методологија нуди значајан корак напред у поређењу са претходним радовима, који су често били ограничени на поједностављене моделне системе или су се ослањали на приближне методе. Ова дисертација не само да продубљује теоријско разумевање феномена ласером индукованог оптичког слома, већ такође има директне импликације за бројне практичне примене. То се протеже од медицинске дијагностике и терапија базираних на ласерској технологији, преко истраживања у области биофизике, до развоја нових техника за манипулатију атомима и молекулима помоћу ласерског зрачења.

Конечно, докторска дисертација под насловом: „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“ није само релевантна за област Атомске, молекулске и оптичке физике, већ има и шире импликације. Представљени резултати отварају нове перспективе за интердисциплинарна истраживања, спајајући физику, биологију и медицину, те наглашавајући свеобухватну применљивост њених истраживања. Овим се радом поставља нови стандард за даље истраживање у овој области.

**3. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области**

Након пажљивог разматрања доступних библиографских података релевантних за тематску област предложене докторске дисертације, као и претходно дефинисаних циљева, теме истраживања, и постигнутих резултата, Комисија је утврдила да докторска дисертација



под насловом: „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“ представља оригиналан научни рад кандидата Христине С. Делибашић-Марковић. Ово је потврђено и позитивним извештајем ментора о провери оригиналности докторске дисертације, који је поднет на основу Извештаја о провери на плаџијаризам број IV-01-534/4 од 19.07.2023. године, који је Природно-математичком факултету доставио Универзитет у Крагујевцу. Комисија је даље констатовала да су детектоване подударности (укупно 2%) у тексту искључиво последица цитата у делу навођења коришћене литературе (1%), као и библиографских података кандидата Христине С. Делибашић-Марковић (1%).

#### 4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Христина С. Делибашић-Марковић се бави истраживачким радом из области Атомске, молекулске и оптичке физике. У току свог научно-истраживачког рада објавила је 12 научних радова који се налазе на SCI листи у часописима од међународног значаја, четири рада у водећим часописима националног значаја M51, петнаест саопштења на међународним, као и једанаест саопштења на домаћим научним конференцијама категорија M32, M33, M34, M61 и M63. Од почетка докторских студија, активно је укључена у научно-истраживачки рад у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја као талентовани млади истраживач и студент докторских академских студија. Учествовала је у реализацији COST пројекта број: CM1204 „XLIC – XUV/X-ray light and fast ions for ultrafast chemistry“ - (период ангажовања 27.01. – 30.04.2017.) и CA17126 „Towards understanding and modeling intense electronic excitation“ – (период ангажовања 11.02.2019. – 11.03.2023.). Своје ангажовање на COST пројекту број: CA18222 "Attosecond Chemistry" започела 18. јуна 2019.

Као аутор или коаутор, Христина С. Делибашић-Марковић је објавила укупно 42 рада у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима, као и један помоћни уџбеник.

#### Радови публиковани у врхунским међународним часописима (категорија M<sub>21</sub>)

1. Petrović, V., **Marković, H.D.** and Petrović, I., Coulomb corrected nonadiabatic instantaneous ionization rate and the electron trajectory in an elliptically polarized laser field. *Results in Physics*, p.106718, 2023; ISSN: 2211-3797, IF: 5.3.  
DOI: 10.1016/j.rinp.2023.106718

#### Радови публиковани у истакнутим међународним часописима (категорија M<sub>22</sub>)

2. Isaković, K., Petrović, V. and **Delibašić, H.**, The Contribution of the Atomic Excitation and Recollision Effect during Tunneling Ionization on the Transition Rate. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 128(2), pp.171-177, 2019; ISSN 1063-7761, IF: 1.152.



DOI: 10.1134/S1063776119010138

3. **Delibašić, H.** and Petrović, V., Ellipticity-dependent ionization yield for noble atoms. Chinese Physics B, 28(8), pp. 083200-1 - 083200-6, 2019; ISSN: 2058-3834, IF: 1.469.  
DOI: 10.1088/1674-1056/28/8/083201
4. Isaković, K., Petrović, V. and **Delibašić, H.**, Energy distribution of ejected photoelectrons in K-2V process. Romanian Reports in Physics, 71(203), 2019; ISSN: 1221-1451, IF: 2.147.  
(<http://www.rpp.infim.ro/IP/2018/AN71203.pdf>)
5. **Delibasic, H.**, Petrovic, V. and Petrovic, I., Laser Breakdown in Water Induced by  $\lambda = 532$  nm Nanosecond Pulses: Analytical Calculation of the Number Density of Free Electrons. Journal of the Physical Society of Japan, 89(11), p.114501, 2020; ISSN: 0031-9015, IF: 1.933.  
DOI: 10.7566/jpsj.89.114501

**Радови публиковани у међународним часописима (категорија M<sub>23</sub>)**

6. **Delibašić, H.**, Isaković, K., Petrović, V. and Miladinović, T., Estimation of the Influence of the Magnetic Component on the Transition Rate in a Linearly Polarized Laser Field. International Journal of Theoretical Physics, 57(2), pp.406-413, 2018; ISSN 1572-9575, IF: 1.347.  
DOI: 10.1007/s10773-017-3572-7
7. Isaković, K.I., Petrović, V.M. and **Delibašić, H.S.**, Simultaneous excitation and photoionization tunneling transition rate in an elliptically polarized laser field. Laser Physics, 28(12), p.126001, 2018; ISSN: 1054-660X, IF: 1.333.  
DOI: 10.1088/1555-6611/aae184
8. Petrović, V., **Delibašić, H.** and Isaković, K., Effect of the Corrected Ionization Potential on the HHG Transition Rate in a Linearly Polarized Laser. Acta Physica Polonica A, 134 (6), pp. 1170-1175, 2018; ISSN: 1898-794X, IF: 0.579.  
DOI: 10.12693/APhysPolA.134.1170
9. Petrovic, V., Isakovic, K. and **Delibasic, H.**, Theoretical study of the electron correlation and excitation effects on energy distribution in photon impact ionization, Revista Mexicana de Física, 65(3), pp.224-230, 2019; ISSN: 0035-001X, IF: 1.297.  
DOI: 10.31349/RevMexFis.65.224
10. Petrovic, V. and **Delibasic, H.**, Improved treatment of the photoionization process in the laser induced optical breakdown in the laser tissue, UPB Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, 81(4), pp.287-300, 2019; ISSN: 1223-7027, IF: 0.903.  
([https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev\\_docs\\_arhiva/fullf3d\\_436236.pdf](https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/fullf3d_436236.pdf))



11. Petrović, V., **Delibašić, H.** And Petrović, I., Strong-field tunneling ionization rate based on Landau-Dykhn transition theory, Journal of Experimental and Theoretical Physics, 160 (1), pp. 5-12, 2021; ISSN:1090-6509, IF: 1.290.  
DOI: 10.31857/S0044451021070014,  
(<http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/e/index/r/160/1/p5?a=list>)
12. **Delibasic, H.**, Petrović, V., Petrović, I., Molpeceres, C. and Lauzurica, S., Numerical modeling of plasma formation in skin tissues induced by nanosecond pulsed laser. The European Physical Journal D, 75(5), pp.1-6, 2021; ISSN: 1434-6060, IF: 1.8.  
DOI: 10.1140/epjd/s10053-021-00170-z

**Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу (M32)**

13. Kristina Isaković, **Hristina Delibašić**, Violeta Petrović, "K-2V process in function of LEE energy distribution", 4th XLIC GENERAL MEETINGCOST Action CM1204, 14.03.–16.03.2017.Praha, Czech Republic, Book of Abstracts, Editors: Miroslav Polasek, Vera Krizova (J. Heyrovsky Institute of Physical Chemistry of the CAS, v.v.i., Prague, 2017) Oral presentation at the 3rd Young Scientist Forum, p.32, ISBN: 978-80-87351-41-3.

**Саопштења са међународног скупа штампано у целини (M33)**

14. **H. Delibašić**, V. Petrović, I. Petrović, C. Molpeceres and S. Lauzurica, Numerical Investigation of the Plasma Formation in Skin Tissue by Nanosecond Nd: YAG Laser Pulse, Proc. 30th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG2020), August 24 – 28, 2020, Šabac, Serbia, Contributed Papers & Abstracts Of Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, Editors: Luka Č. Popović, Duško Borka, Dragana Ilić and Vladimir Srećković, (Faculty of Mathematics - Dept. of Astronomy, Astronomical Observatory of Belgrade, Institute of Physics - University of Belgrade, Belgrade, 2020) Contributed Paper, pp.113-116. Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 99, 113-116 (2020), ISSN: 0373-3742, ISBN: 978-86-80019-94-9.
15. **H. Delibašić Marković**, V. Petrović, and I. Petrović, Analytical prediction and numerical analysis of plasma mediated ablation of skin tissue samples with nanosecond-to-femtosecond laser pulses, Proc. 32th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG2022), September 5-9, 2022, Belgrade, Serbia, Contributed Papers & Abstracts Of Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, Editors: Luka Č. Popović, Duško Borka, Dragana Ilić and Vladimir Srećković, (Faculty of Mathematics - Dept. of Astronomy, Astronomical Observatory of Belgrade, Institute of Physics - University of Belgrade, Belgrade, 2020) Contributed Paper, pp.101-104. Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 102, (2022), ISSN: 0373-3742, ISBN: 978-86-82296-02-7.
16. Violeta Petrović, **Hristina Delibašić Marković**, and Ivan Petrović, "Teachers and parents experiences during the covid-19 pandemic in the republic of serbia", XI international



conference of social and technological development, STED 2022, 02-05.06.2022. Trebinje, Republic of Srpska, p.711-720, ISSN 2303-498X.

**Саопштења на међународним конференцијама штампано у изводу (М<sub>34</sub>)**

17. Kristina Isaković, **Hristina Delibašić**, Violeta Petrović, "Energy distribution of ejected photoelectrons in K-2V process", The sixth international school and conference of Photonics, PHOTONICA2017, 28.08.-1.09.2017. Beograd, Book of Abstracts, p. 172, ISBN 978-86-82441-46-5.
18. Violeta Petrović, **Hristina Delibašić**, Kristina Isaković, "Effect of the Corrected Ionization Potential on the High-Harmonic Generation transition rate in a linearly polarized laser field", The sixth international school and conference of Photonics, PHOTONICA 2017, 28.08.-1.09.2017. Beograd, Book of Abstracts, p. 183, ISBN 978-86-82441-46-5.
19. Violeta Petrović, Kristina Isaković, **Hristina Delibašić**, "The theoretical study of the electron correlation and excitation effects on the energy distribution in photon impact ionization", The second Conference of the Society of Physicists of Macedonia, CSPM, 27-30.09.2018., Ohrid, Oral presentation  
  
([https://539abdd0-bcdb-4d1a-9a06-f1477b008b14.filesusr.com/ugd/cd2f1a\\_ca24f69a97094750872ebc9cb994f80d.pdf](https://539abdd0-bcdb-4d1a-9a06-f1477b008b14.filesusr.com/ugd/cd2f1a_ca24f69a97094750872ebc9cb994f80d.pdf))
20. Ivan Petrović, **Hristina Delibašić**, and Violeta Petrović, "Machine learning in python: possibilities and limitations", X International Conference Of Social And Technological Development, STED 2021, 03-06. 06. 2021. Trebinje, Republic of Srpska, p. 87, ISSN 2637-3298.
21. Ivan Petrović, **Hristina Delibašić**, and Violeta Petrović, "Designing a digital system for liquid level Indication using combinational logic circuits and microcontroller systems", X International Conference Of Social And Technological Development, STED 2021, 03-06. 06. 2021. Trebinje, Republic of Srpska, p. 88, ISSN 2637-3298.
22. Kurtovic, M., **Delibasic Markovic, H.**, Petrovic, V. and Petrovic, I., 2021. Calculation of transition amplitude in two levels systems by application of an adiabatic approximation. VIII International School and Conference on Photonics & HEMMAGINERO workshop, ISBN 978-86-82441-53-3, p.179.
23. **Delibasic Markovic, H.**, Petrovic, V. and Petrovic, I., 2021. Optical breakdown of liquid media triggered by a wide range of laser pulse durations and its analytical application. VIII International School and Conference on Photonics & HEMMAGINERO workshop, ISBN 978-86-82441-53-3, p.148.



24. **H. Delibašić Marković**, V. Petrović, I. Petrović and S. Tošić, "Investigation and modeling of the free-electron density and temperature during the formation of laser-induced breakdown of plasma in air at various laser parameters", III Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA - Atmosphere - BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, December 6 to 9, 2021, Palić, Serbia, ISBN 978-86-82441-54-0, p. 50.
25. Ivan Petrović, Violeta Petrović and **Hristina Delibašić Marković**, "Educational software on windows and linux platforms for acquiring digital competence", XI international conference of social and technological development, STED 2022, 02-05.06.2022. Trebinje, Republic of Srpska, p.171, ISSN 2637-3298.
26. Violeta Petrović, **Hristina Delibašić Marković**, and Ivan Petrović, "Teachers and parents experiences during the covid-19 pandemic in the republic of serbia", XI international conference of social and technological development, STED 2022, 02-05.06.2022. Trebinje, Republic of Srpska, p.172, ISSN 2637-3298.
27. Tosić, S., Petrović, V., **Delibasic Markovic, H.**, and Petrović, I., "Investigation of Laser Induced Breakdown Threshold", IV Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA - Atmosphere - BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, May 30 to June 2, 2022, Fruška Gora, Serbia, ISBN 978-86-82441-57-1, p. 66.

#### Радови публиковани у часопису од националног значаја (M<sub>51</sub>)

28. **Delibašić, H.S.**, Petrović, V.M. and Isaković, K.I., The effects of the perturbated ionization potential and the magnetic component on the relativistic transition rate. Kragujevac Journal of Science, (40), pp.23-32, 2018; ISSN: 1450-9636.
29. **Delibašić, H.S.**, Petrović, I.D. and Petrović, V.M, Visualization of the ionization yields model of the noble atoms in an elliptically polarized laser field by using symbolic programming language. Kragujevac Journal of Science, (41), pp.25-36, 2019; ISSN: 1450-9636.
30. **Delibašić, H.S.**, Kaleris, K., Petrović, V.M. and Petrović, I.D., Numerical investigation of the plasma formation in air generated by 355 nm Nd: YAG laser pulses. Kragujevac Journal of Science, (42), pp.19-28, 2020; ISSN: 1450-9636.
31. Petrović, V.M., **Delibašić, H.S.**, and Petrović, I.D., The effect of magnetic field on the tunneling yield of ammonia molecules. Kragujevac Journal of Science, (43), pp.1-15, 2021; ISSN 2466-5509.

#### Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M<sub>61</sub>)



32. Violeta Petrović i **Hristina Delibašić**, Jednostavni kompjuterski kodovi kao alat inovativnog pristupa nastavi fizike, Nastava Fizike, ISSN: 2406-2626, Broj 8, str. 31-40, XXXVII Republički seminar o nastavi fizike, Kladovo 2019.
33. Violeta Petrović i **Hristina Delibašić**, Eksperimenti iz primenjene fizike zasnovani na primeni solarne energije, Zbornik radova X Međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama, ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ), Aleksinac 2023.

**Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)**

34. **Hristina Delibašić** i Violeta Petrović, Faradejev zakon elektromagnetne indukcije, Nastava Fizike, ISSN: 2406-2626, Broj 3, str. 61 – 64, XXXIV Republički seminar o nastavi fizike, Zlatibor 2016.
35. **Hristina Delibašić**, Kristina Isaković i Violeta Petrović, Električna otpornost grafitne olovke, Nastava Fizike, ISSN: 2406-2626, Broj 5, str. 29 – 32, XXXV Republički seminar o nastavi fizike, Šabac 2017.
36. **Hristina Delibašić**, Kristina Isaković, Violeta Petrović, Provera Omovog zakona korišćenjem prototipske ploče, Zbornik radova VI Međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama, ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ), str. 53 – 59, Aleksinac 2018.
37. Violeta Petrović, **Hristina Delibašić** i Kristina Isaković, Indikator nivoa vode u menzuri, Nastava Fizike, ISSN: 2406-2626, Broj 6, str. 87 – 90, XXXVI Republički seminar o nastavi fizike, Kladovo 2018.
38. **Hristina Delibašić**, Kristina Isaković i Violeta Petrović, Provera ispravnosti poluprovodničkih komponenata, Zbornik radova VII Međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama, ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ), str. 31 – 38, Aleksinac 2019.
39. **Hristina Delibašić** i Violeta Petrović, Merenje vremena propagacije signala kroz digitalna logička kola, Nastava Fizike, ISSN: 2406-2626, Broj 8, str. 163 – 166, XXXVII Republički seminar o nastavi fizike, Kladovo 2019.
40. **Hristina Delibašić** i Violeta Petrović, Primena programskih jezika Wolfram i Python u nastavi fizike, Zbornik radova VIII Međunarodne konferencije o nastavi fizike u srednjim školama, ISBN 978-86-81182-00-0 (АГ), Aleksinac 2020.
41. **Hristina Delibašić**, Violeta Petrović i Ivan Petrović, Uticaj motivacije na stepen postignuća učenika. Nastava Fizike. ISSN: 2406-2626. Broj 10. str. 89 – 94. XXXVIII Republički



42. Hristina Delibašić, Violeta Petrović i Ivan Petrović, Primena softverskog alata Logisim na Windows platformi u projektovanju standardnih kombinacionih modula, ISSN: 2406-2626, Broj 11, str. 92 – 96, XXXIX Republički seminar o nastavi fizike, Divčibare 2022.

#### Наставна литература:

- Виолета Петровић и Христина Делибашић Марковић, Практикум са збирком задатака из дигиталне електронике, издавач: Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (програмска активност „Развој високог образовања”, назив пројекта: „Унапређење наставе из предмета дигитална електроника, дигитална обрада сигнала, методика наставе физике и методика наставе информатике”, руководилац др Виолета Петровић), штампарија: InterPrint – Крагујевац, тираж: 150 примерака, ISBN 978-86-6009-082-1, 2021. године.

#### Организовање међународних конференција:

- Члан организационог одбора, *The Young Scientist Symposium 2021* - Gabriele Crippa (Politecnico di Milano, Italy), Hristina S. Delibašić (University of Kragujevac, Serbia), Torsha Moitra (Technical University of Denmark, Denmark), Juan José Omiste Romero (Universidad Complutense de Madrid, Spain), Tomislav Piteša (Ruđer Bošković Institute, Croatia) and Vincent Wanie (CFEL, Germany) [<https://attyoss2021.github.io/organizers.html>].

#### 5. Оцена о испуњености обима и квалитета докторске дисертације у односу на пријављену тему

На основу прегледаног рукописа докторске дисертације, Комисија је утврдила да планирани обим и циљеви истраживања, научни садржај рада, предмет и примењена методологија, као и представљени резултати и њихов значај са становишта актуелности у области Физике, у потпуности одговарају пријављеној теми „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“, а добијени резултати представљају и оригинални научни допринос ужој научној области Атомска, молекулска и оптичка физика.

#### 6. Научни резултати докторске дисертације

Резултати ове докторске дисертације публиковани су у виду 11 библиографских јединица, и то четири рада у научним часописима са SCI листе (M22-2, M23-2), два рада у националним часописима (M51-2), два саопштења на међународним скуповима штампаним у целини (M33-2), три саопштења на међународним конференцијама штампано у изводу (M34 -



3). Резултати из теме ове докторске дисертације публиковани су у следећим часописима од међународног значаја:

**Истакнути међународни часописи (категорија M<sub>22</sub>):**

1. **Delibašić, H.** and Petrović, V., Ellipticity-dependent ionization yield for noble atoms. Chinese Physics B, 28(8), pp. 083200-1 - 083200-6, 2019; ISSN: 2058-3834, IF: 1.469. DOI: 10.1088/1674-1056/28/8/083201
2. **Delibasic, H.**, Petrovic, V. and Petrovic, I., Laser Breakdown in Water Induced by  $\lambda = 532$  nm Nanosecond Pulses: Analytical Calculation of the Number Density of Free Electrons. Journal of the Physical Society of Japan, 89(11), p.114501, 2020; ISSN: 0031-9015, IF: 1.933. DOI: 10.7566/jpsj.89.114501

**Међународни часописи (категорија M<sub>23</sub>):**

3. Petrovic, V. and **Delibasic, H.**, Improved treatment of the photoionization process in the laser induced optical breakdown in the laser tissue, UPB Scientific Bulletin, Series A: Applied Mathematics and Physics, 81(4), pp.287-300, 2019; ISSN: 1223-7027, IF: 0.903. ([https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev\\_docs\\_arhiva/fullf3d\\_436236.pdf](https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/fullf3d_436236.pdf))
4. **Delibasic, H.**, Petrovic, V., Petrovic, I., Molpeceres, C. and Lauzurica, S., Numerical modeling of plasma formation in skin tissues induced by nanosecond pulsed laser. The European Physical Journal D, 75(5), pp.1-6, 2021; ISSN: 1434-6060, IF: 1.8. DOI: 10.1140/epjd/s10053-021-00170-z

**Као и на конференцијама од међународног значаја:**

**Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M<sub>33</sub>):**

1. **H. Delibašić**, V. Petrović, I. Petrović, C. Molpeceres and S. Lauzurica, Numerical Investigation of the Plasma Formation in Skin Tissue by Nanosecond Nd: YAG Laser Pulse, Proc. 30th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG2020), August 24 – 28, 2020, Šabac, Serbia, Contributed Papers & Abstracts Of Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, Editors: Luka Č. Popović, Duško Borka, Dragana Ilić and Vladimir Srećković, (Faculty of Mathematics - Dept. of Astronomy, Astronomical Observatory of Belgrade, Institute of Physics - University of Belgrade, Belgrade, 2020) Contributed Paper, pp.113-116. Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 99, 113-116 (2020), ISSN: 0373-3742, ISBN: 978-86-80019-94-9.
2. **H. Delibašić Marković**, V. Petrović, and I. Petrović, Analytical prediction and numerical analysis of plasma mediated ablation of skin tissue samples with nanosecond-to-femtosecond laser pulses, Proc. 32th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases (SPIG2022), September 5-9, 2022, Belgrade, Serbia, Contributed



Papers & Abstracts Of Invited Lectures, Topical Invited Lectures and Progress Reports, Editors: Luka Č. Popović, Duško Borka, Dragana Ilić and Vladimir Srećković, (Faculty of Mathematics - Dept. of Astronomy, Astronomical Observatory of Belgrade, Institute of Physics - University of Belgrade, Belgrade, 2020) Contributed Paper, pp.101-104. Publ. Astron. Obs. Belgrade No. 102, (2022), ISSN: 0373-3742, ISBN: 978-86-82296-02-7.

#### Саопштења са међународних конференција штампана у изводу (Мз4):

3. **Delibasic Markovic, H.**, Petrovic, V. and Petrovic, I., 2021. Optical breakdown of liquid media triggered by a wide range of laser pulse durations and its analytical application. VIII International School and Conference on Photonics & HEMMAGINERO workshop, ISBN 978-86-82441-53-3, p.148.
4. **H. Delibašić Marković**, V. Petrović, I. Petrović and S. Tošić, "Investigation and modeling of the free-electron density and temperature during the formation of laser-induced breakdown of plasma in air at various laser parameters", III Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA - Atmosphere - BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, December 6 to 9, 2021, Palić, Serbia, ISBN 978-86-82441-54-0, p. 50.
5. Tosić, S., Petrović, V., **Delibasic Markovic, H.**, and Petrović, I., "Investigation of Laser Induced Breakdown Threshold", IV Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA - Atmosphere - BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, May 30 to June 2, 2022, Fruška Gora, Serbia, ISBN 978-86-82441-57-1, p. 66.

Резултати из ове дисертације публиковани су такође и у водећим часописима националног значаја (категорија М51):

1. **Delibašić, H.S.**, Petrović, I.D. and Petrović, V.M, Visualization of the ionization yields model of the noble atoms in an elliptically polarized laser field by using symbolic programming language. Kragujevac Journal of Science, (41), pp.25-36, 2019; ISSN: 1450-9636.
2. **Delibašić, H.S.**, Kaleris, K., Petrović, V.M. and Petrović, I.D., Numerical investigation of the plasma formation in air generated by 355 nm Nd: YAG laser pulses. Kragujevac Journal of Science, (42), pp.19-28, 2020; ISSN: 1450-9636.

#### 7. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати приказани у докторској дисертацији под насловом „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла”, кандидата Христине С. Делибашић-Марковић приказују широк спектар примене како у теорији тако и у пракси.

У домену теоријске физике, ова дисертација доноси кључне доприносе у разумевању сложених интеракција између импулсног ласерског зрачења и материјала биолошког



порекла. Имплементација иновативне теоријско-нумеричке методе омогућава прецизно квантификациовање параметара јонизације и електронске концентрације, обогаћујући схватање ових феномена на микроскопском нивоу. Овај рад пружа чврсту основу за будуће теоријске студије у овој области. Са аспекта практичне примене, прецизно разумевање феномена ласером индукованог слома може имати далекосежан утицај на области као што су медицинска дијагностика и терапије, биофизика и развој нових технологија базираних на ласерској радијацији. Конкретно, резултати приказани у докторској дисертацији кандидата Христине С. Делибашић-Марковић могу водити према развоју нових или побољшаних метода за третман болести попут карцинома кроз употребу ласерске терапије. Такође, у домену биофизике, ово истраживање може помоћи у разумевању интеракција између биолошких материјала и ласерске радијације, што може довести до нових открића.

Укупно гледано, резултати горе наведене докторске дисертације показују широку применљивост, сугеришући да ће њен утицај на теоријском и практичном нивоу бити дубоко осетан. Дисертација кандидата Христине С. Делибашић-Марковић поставља нову парадигму за даља истраживања у овој области, нудећи кључне увиде и постављајући темеље за будуће студије.

## 8. Начин презентовања резултата научној јавности

Истраживачки рад кандидата Христине С. Делибашић-Марковић материјализован је у форми докторске дисертације под насловом „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“. Ови резултати су публиковани у међународним и националним научним часописима, као и презентовани на конференцијама од међународног значаја. Дисертација се састоји од 135 страница, укључујући 44 илустрације и 2 табеле. Литературни део дисертације садржи 230 библиографских референци. Поред већ објављених радова и конференцијских саопштења, резултати ће бити презентовани и на јавној одбрани докторске дисертације, након прихваташа овог Извештаја од стране Наставно-научног већа Природно-математичког факултета и Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу.

## ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

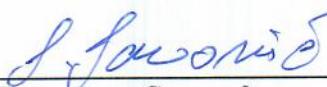
На основу прегледаног рукописа и достављеног материјала, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Христине С. Делибашић-Марковић, мастер физичара, под насловом „Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“ представља аутентичан и оригиналан истраживачки рад из уже научне области Атомска, молекулска и оптичка физика, урађен под менторством проф. др Виолете Петровић, ванредног професора Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу. Квалитет научних резултата ове докторске дисертације верификован је публиковањем четири рада у научним часописима са SCI листе, два рада у националним часописима, као и у оквиру пет саопштења на међународним конференцијама.



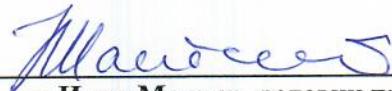
Комисија закључује да су испуњени сви неопходни научни, стручни и административни критеријуми за прихватање наведене докторске дисертације као оригиналног научног рада. Имајући у виду све наведене чињенице, предлажемо Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвате докторску дисертацију кандидата **Христине С. Делибашић-Марковић** под наведеним насловом, и иницирају даљу процедуру са циљем одобравања одбране докторске дисертације.

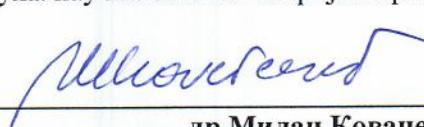
У Крагујевцу,  
25.08.2023. године.

Чланови комисије:

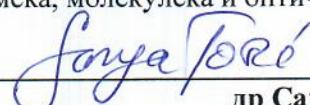
  
др Светислав Савовић, редовни професор,

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,  
ужа научна област: Субатомска физика (председник комисије);

  
др Иван Манчев, редовни професор,  
Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет,  
ужа научна област: Теоријска физика;

  
др Милан Ковачевић, редовни професор,

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,  
ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика;

  
др Сања Тошић, виши научни сарадник,  
Универзитет у Београду, Институт за физику у Београду,  
научна област: Физика;

  
др Јасна Стевановић, доцент,

Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет,  
ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика.

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
25.07.2023.  
02 37/73 - -

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ДЕКАНУ ФАКУЛТЕТА

ОЦЕНА МЕНТОРА О ИЗВЕШТАЈУ О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ  
ДИСЕРТАЦИЈЕ ОДНОСНО ДОКТОРСКОГ УМЕТНИЧКОГ ПРОЈЕКТА

НАЗИВ ДИСЕРТАЦИЈЕ	Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулсног ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла
Кандидат	Христина С. Делибашић-Марковић
Ментор	Проф. др Виолета Петровић
Датум пријема потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта	19.07.2023. године

Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације:

1. Као ментор наведене докторске дисертације, изјављујем да је она оригинално дело и да представља резултат аутorskог рада докторанда Христине С. Делибашић-Марковић.
2. Изјављујем да су у наведеној докторској дисертацији поштована академска правила цитирања и навођења извора, што потврђује и попис литературе који садржи 230 референци, уредно цитираних у тексту дисертације.
3. Софтвером којим је извршена провера оригиналности утврђено је да у докторској дисертацији подударање текста износи 2%. Овај степен подударности је искључиво последица цитата у делу навођења коришћене литературе (1%), као и библиографских података докторанда Христине С. Делибашић-Марковић (1%). С обзиром на то да остали делови докторске дисертације намају подударања са текстовима других аутора и представљају резултат оригиналног рада докторанда, изјављујем да се може констатовати да аутоматском претрагом није утврђено постојање плагијаризма.

На основу свега наведеног, а у складу са чланом 7. Правилника о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити (позитивна оцена).

Датум

25.07.2023. године

ПОТПИС МЕНТОРА

Violaeta Petrović

проф. др Виолета Петровић