

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Срђана Марјановића за израду докторске дисертације

Одлуком 5047-09-1 бр. од 30.06.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Срђана Марјановића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме "Монте Карло симулација транспорта позитрона у реалним системима испуњеним гасом".

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Срђан Марјановић је рођен 21.09.1985. у Београду, где је завршио основну школу и гимназију. Електротехнички факултет – смер Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника уписао је 2004. године на Универзитету у Београду и завршио са просечном оценом 9,40. Дипломирао је 16.09.2008. на тему "Израчено ЕМ поље (LEMP) према GTCS моделу атмосферског пражњења облак-Земља" са оценом 10 под менторством проф. др Јована Цветића.

Последипломске мастер студије уписао је на електротехничком факултету у Београду на смеру Наноелектроника, оптоелектроника и ласерска техника и завршио их 2009. године са просечном оценом 10. Мастер рад на тему "Термализација позитронијума у хелијуму" је одбранио 22.12.2009. под менторством проф. др Зорана Љ. Петровића.

2009. године је уписао, и тренутно је студент докторских студија на Електротехничком факултету Универзитета у Београду – смер Наноелектроника и фотоника. Своју докторску тезу ради под менторством проф. др Јована Цветића и проф. др Зорана Љ. Петровића. У оквиру Лабораторије за гасну електронику Института за физику у Београду.

Срђан Марјановић је у радном односу од 01.10.2008. године у Институту за физику у Београду у Лабораторији за гасну електронику под руководством проф. др Зорана Љ. Петровића.

Коаутор је девет научних радова објављених у међународним часописима као и већем броју радова на научним конференцијама. Одржао је и два уводна предавања на међународним конференцијама.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У тренутку пријаве теме кандидат има статус активног студента са уписаном школском 2014/15. годином.

У току докторских студија, до подношења захтева за одобрење теме докторске дисертације, Срђан Марјановић је испунио све обавезе предвиђене Студијским планом и програмом. Положио је следеће испите:

1. Примена плазме у савременим технологијама електроници и науци о материјалима (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
2. Комплексни феномени у физици плазме (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
3. Транспортни процеси у наноелектроници и фотоници (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
4. Спектроскопија чврстих материјала (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
5. Увод у нелинеарну динамику (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
6. Метод момената у електромагнетици (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
7. Модерне фотонске компоненте и системи (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
8. Математичко моделовање физичко-техничких процеса (оцена: 10, ЕСПБ: 9),
9. Немачки језик (оцена: 10, ЕСПБ: 6),
10. Простирање оптичких таласа у комплексним срединама (оцена: 10, ЕСПБ: 9),

и одradio следеће обавезе:

1. Научно стручни рад (ЕСПБ: 3),
2. Студијски истраживачки рад I,
3. Студијски истраживачки рад II,

остваривши укупно 120 ЕСПБ бодова и просечну оцену 10,00. Кандидат је такође успешно положио испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу:

1. др Јован Радуновић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду
2. др Саша Дујко, виши научни сарадник, Институт за физику
3. др Милан Меркле, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду

Јавно усмено излагање одржано је 02.07.2015. године при чему је добио оцену "задовољно".

Објавио је 41 публикацију од чега 9 у часописима са СЦИ листе (4 из категорије M21, 1 из категорије M22 и 4 из категорије M23). У текућем пројектном циклусу, као истраживач из категорије A4, учествује на 2 пројекта Министарства за науку: "Фундаментални процеси и примене транспорта честица у неравнотежним плазмама, траповима и наноструктурама" (број: ОН171037) и "Примене нискотемпературних плазми у биомедицини, заштити човекове околине и нанотехнологијама" (број: ИИИ41011). Учествовао је на бројним међународним конференцијама и одржао два уводна предавања. Добио је награду за најбољи студентски постер на конференцији „26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases“ (SPIG-2012). Резултате који су део његове тезе презентовао је у виду уводног предавања на једној од највећих конференција у области „The XXII Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases“, (ESCAMPIG 2014). Списак објављених радова дат је у наставку.

M21. Радови објављени у врхунским међународним часописима:

1. Petrović Z.Lj., Marjanović S., Dujko S., Banković A., Malović G., Buckman S., Garcia G., White R.D., Brunger M.: *On the use of Monte Carlo simulations to model transport of positrons in gases and liquids*, - Applied Radiation and Isotopes, Vol 83, 2014, pp. 148-154.

doi: 10.1016/j.apradiso.2013.01.010

ISSN: 0969-8043

IF (2014) : 1.231

2. Banković A., Dujko S., White R.D., Marler J.P., Buckman S.J., Marjanović S., Malović G., Garcia G., Petrović Z.Lj.: *Positron transport in water vapor*, - New Journal of Physics, Vol 14, 2012, pp. 035003 (1-23).

doi: 10.1088/1367-2630/14/3/035003

ISSN: 1367-2630

IF (2012) : 4.063

3. Marjanović S., Šuvakov M., Engbrecht J.J., Petrović Z. Lj.: *Thermalization of positronium in helium: a numerical study*, - Nuclear Instruments & Method in Physics Research Section B- Beam Interactions with Materials And Atoms, Vol 279, 2012, pp. 80-83.

doi: 10.1016/j.nimb.2011.10.062

ISSN: 0168-583X

IF (2012) : 1.266

4. Tausanovic M., Markovic S., Marjanovic S., Cvetic J., Cvejic M.: *Dynamics of a Lightning Channel Corona Sheath Using a Generalized Traveling- Current-Source Return Stroke Model--- Theory and Calculations*, - Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on, Vol 53, 2010, pp. 646-656.

doi: 10.1109/TEM.2010.2044886

ISSN: 0018-9375

IF (2010) : 0.808

M22. Радови објављени у истакнутим међународним часописима:

1. Bankovic A., Dujko S., Marjanovic S., White R. D., Petrovic Z.Lj.: *Positron transport in CF₄ and N₂/CF₄ mixtures*, - The European Physical Journal D, Vol 68, 2014, pp. 127 (1-10).

doi: 10.1140/epjd/e2014-50087-5

ISSN: 1434-6060

IF (2014) : 1.228

M23. Радови објављени у међународним часописима:

1. Marjanović S.D., Šuvakov M.: *Monte Karlo simulacija termalizacije pozitronijuma u gasovima* - Hemijska industrija, Vol 64, 2010, pp. 177-181.

doi: 10.2298/HEMIND091221025M

ISSN: 0367-598X

IF (2010) : 0.364

2. Marjanovic S., Suvakov M., Bankovic A., Buckman S.J., Petrovic Z. Lj.: *Numerical Modeling of Thermalization of Positrons in Gas-Filled Surko Traps*, - Plasma Science, IEEE Transactions on, Vol 39, 2011, pp. 2614-2615.

doi: 10.1109/TPS.2011.2159129

ISSN: 0093-3813

IF (2011) : 1.174

3. Savic M., Radmilovic-Radjenovic M., Suvakov M., Marjanovic S., Maric D., Petrovic Z.L.: *On Explanation of the Double-Valued Paschen-Like Curve for RF Breakdown in Argon* - Plasma Science, IEEE Transactions on, Vol. 39, 2011, pp. 2556-2557.

doi: 10.1109/TPS.2011.2159244

ISSN: 0093-3813

IF (2011) : 1.174

4. Marjanovic S., Cvetic J.: *Conductivity of a Lightning-Channel Corona Sheath During Return Stroke* - Plasma Science, IEEE Transactions on, Vol 37, 2009, pp. 750-758

doi: 10.1109/TPS.2009.2016202

ISSN: 0093-3813

IF (2009) : 1.174

M12/M14. Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја M14

1. Petrović Z.Lj., Banković A., Marjanovic S., Šuvakov M., Dujko S., Malović G., White R.D., Buckman S. J.: *Positrons in gas filled traps and their transport in molecular gases* - Journal of Physics: Conference Series, Vol 262, 2011, pp. 012046(1-4)

doi:10.1088/1742-6596/262/1/012046

ISSN: 1742-6588

2. Petrović Z. Lj., Banković A., Dujko S., Marjanović S., Malović G., Sullivan J. P., S. J. Buckman: *Data for modeling of positron collisions and transport in gases* - AIP Conference Proceedings, Vol 1545, 2013, pp. 115-131

doi: 10.1063/1.4815846

ISSN: 0094-243X

3. Marjanović S., Banković A., Šuvakov M., Z. Lj. Petrović: *Monte Carlo modelling of positron transport in real world applications* - Journal of Physics: Conference Series, Vol 514, 2014, pp. 012046(1-6)

doi:10.1088/1742-6596/514/1/012046

ISSN: 1742-6588

4. Petrović Z.Lj., Marjanović S., Dujko S., Banković A., Šašić O., Bošnjaković D., Stojanović V., Malović G., Buckman S., Garcia G., White R., Sullivan J., M. Brunger: *Kinetic Phenomena in Transport of Electrons and Positrons in Gases caused by the Properties of Scattering Cross Sections* - Journal of Physics: Conference Series, Vol 488, 2014, pp. 012047(1-9)

doi:10.1088/1742-6596/488/1/012047

ISSN: 1742-6588

M32. Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу

1. “Numerical modeling of buffer gas positron traps“

S. Marjanović, M. Šuvakov and Z. Lj. Petrović

Proceedings of 2nd National Conference on Electronic, Atomic, Molecular and Photonic Physics
June 21, 2011, Belgrade, Serbia, p.114

2. “Simulation of positron transport in materials of biological interest and their role in positron diagnostic development“

A. Banković, S. Marjanović, S. Dujko, R. D White, J. P. Sullivan, S. J. Buckman, G. Garcia., M. J. Brunger and Z. Lj. Petrović

Proceedings of the 3rd National Conference on Electronic, Atomic, Molecular and Photonic Physics
25. August 2013, p.4

3. “Positron transport in matter“

A. Banković, S. Marjanović, S. Dujko, R. D White, J. P. Sullivan, S. J. Buckman, G. Garcia., M. J. Brunger and Z. Lj. Petrović

Proceedings of the XVII International Workshop on Low-Energy Positron and Positronium Physics and the XVIII International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms, POSMOL, July 19-21, 2013, Kanazawa, Japan

4. “Positron induced transport and chemistry in gases and liquids“

Z.Lj. Petrović, S. Marjanović, A. Banković, R. White, S. Buckman, G. Garcia, G. Malović, S. Dujko
5th CESPC, 25-29 August 2013, Balatonalmádi, Hungary

5. “Kinetic phenomena in transport of electrons and positrons in gases caused by the properties of scattering cross sections

Z.Lj. Petrović, S. Marjanović, S. Dujko, A. Banković, O. Šašić, D. Bošnjaković, V. Stojanović, G. Malović, S. J. Buckman, G. Garcia, R. D. White, J. P. Sullivan, M. J. Brunger

XXVIII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC), 24-30 July 2013, Lanzhou, China

6. “Simulations of positron transport in materials of biological interest and their role in positron therapy development“

A. Banković, S. Marjanović, S. Dujko, R. D. White, J. P. Sullivan, S. J. Buckman, G. Garcia, M. J. Brunger and Z. Lj. Petrović

Proceedings of the 2nd Nano-IBCT Conference, 20 – 24 May 2013, Sopot, Poland

7. “Avalanches of Electrons and Positrons in Atmospheres of Planets and Satellites of the Solar System: Basic Phenomenology and Application to Gas Breakdown in DC and RF Fields“

Z. Lj. Petrović, I. Adžić, S. Dujko, M. Savić, S. Marjanović, D. Marić, M. Radmilovic Radenović, G. Malović and A. Đorđević,

Proceedings of 29th National Symposium on Plasma Science and Technology & International Conference on Plasma and Nanotechnology,

8-11 December 2014, Kottayam, Kerala, India. p. 18 (SA-I-02)

8. "Modeling of positron and electron transport in gases and liquids "

S. Marjanović, A. Banković, S. Dujko, Z. Lj Petrović

Proceedings of 22nd Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases
July 15-19, 2014, Greifswald, Germany. pp22

9. "Monte Carlo modeling of positron transport in experimental devices and applications"

S. Marjanović

Proceedings of 27th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases
August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia, p.13

M33. Саопштења са међународних скупова штампана у целини:

1. "Modeling of positron swarms and non-neutral plasmas and their applications in materials science and medicine"

Zoran Lj. Petrovic, S. Marjanović, A. Banković, M. Šuvakov, S. Dujko

Proceedings of 4th International Conference on Advanced Plasma Technologies
Sep 19th-13th 2011, Strunjan, Slovenia, p. 164-167

2. "Collision-driven positron cloud expansion – experiment and simulation"

S. Marjanović, A. Banković, M. Šuvakov, T. Mortensen, A. Deller, C. A. Isaac, D. P. van der Werf, M. Charlton, Z. Lj. Petrović

Proceedings of 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases
August, 27 - 31, 2012, Zrenjanin, Serbia, p.333

3. "Monte Carlo simulation of positron trapping efficiency"

S. Marjanović, M. Šuvakov and Z. Lj. Petrović

Proceedings of 26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases
August, 27 - 31, 2012, Zrenjanin, Serbia, p. 337

4. "Data for Modeling of Positron Collisions and Transport in Gases"

Z. Lj. Petrović, A. Banković, S. Dujko, S. Marjanović, Gordana Malovića, J. P. Sullivan and Stephen J. Buckman

Eighth International Conference on Atomic and Molecular Data and Their Applications
September 30 - October 4, 2012 Washington, DC, USA

5. "On the use of Monte Carlo simulations to model transport of positrons in gases and liquids"

Z. Lj. Petrović, S. Marjanović, S. Dujko, A. Banković, G. Malović, S. Buckman, G. Garcia, R. White, M. Brunger

QSMC Workshop "Quantum Scattering codes and Monte Carlo simulations to model dynamical processes in biosystems"

7 - 9 November 2012, Madrid, Spain

M34. Саопштења са међународних скупова штампана у изводу:

1. "Numerical Modelling of Positron Traps"
Srđan Marjanović, Milovan Šuvakov, Zoran Lj. Petrović
Proceedings of XVI Workshop on Low Energy Positron and Positronium Physics
22-25. July, 2011, Maynooth, Ireland, p.60
2. "Numerical study of Penning-Malmberg-Surko positron trap efficiency"
Srdjan Marjanovic, Milovan Suvakov, Ana Bankovic, Zoran Lj. Petrovic
Proceedings of 42nd Annual Meeting of the APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics
June 13-17, 2011, Atlanta, USA, L1.00150
3. "Gas filled positron traps"
S. Marjanović, A. Banković. S. Dujko, M. Šuvakov, G. Malović and Z. Lj. Petrović
Proceedings of 38th Conference on Plasma Physics
27 June – 1 July, 2011, Strasbourg, France, P4.004
4. "Numerical modeling of buffer gas positron traps"
Srdjan Marjanovic, Milovan Suvakov, Zoran Lj. Petrovic
Proceedings of 64th Annual Gaseous Electronics Conference
November 14-18, 2011, Salt Lake City, Utah, USA, p. 60
5. "Numerical modeling of positronium thermalization"
S. Marjanović, M. Šuvakov, J. J. Engbrecht, Z. LJ. Petrović
Proceedings of 5th Conference on Elementary Processes in Atomic Systems
June 21 - 25, 2011, Belgrade, Serbia, p. 63
6. "Application of non-equilibrium plasmas in nanotechnologies and biomedicine"
Z.Lj. Petrović, N. Puač, S. Lazović, D. Maletić, M Radjenović Radmilović, D. Marić, N Škoro, B Radjenović, S Marjanović and G. Malović
Workshop Characterization, Properties and Applications of Nanostructured Ceramics, Polymers and Composites
24-25 October, 2011, Belgrade, Serbia
7. "Plasma breakdown: Experiments and simulation"
D. Marić, M. Savić, S. Marjanović, N. Škoro, M. Šuvakov, M. Radmilović-Radjenović, G. Malović, Zoran Lj Petrović
Proceedings of 38th Conference on Plasma Physics
27 June – 1 July, 2011, Strasbourg, France, I4.316
8. "On thermalization of positrons in water vapour"
S. Marjanovic, A. Bankovic, S. Buckman, G. Garcia, R. White, M. Brunger, M. Suvakov, G. Malovic, S. Dujko, Z. Lj. Petrovic
Proceedings of 43rd Annual Meeting of the APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics
June 4–8, 2012; Orange County, California, USA, Q1.00061
9. "Rotating wall compression of positron swarm in a harmonic potential: a Monte Carlo simulation"
S. Marjanovic, A. Bankovic, M. Suvakov, C. A. Isaac, D. P. van der Werf, M. Charlton, Zoran Lj. Petrovic

Proceedings of 43rd Annual Meeting of the APS Division of Atomic, Molecular and Optical Physics
June 4–8, 2012; Orange County, California, USA, D1.00058

10. "Transport properties of low-energy positrons and electrons in neutral gases"

A. Banković, S. Dujko, S. Marjanović, R. D. White, S. J. Buckman and Z. Lj. Petrović

Proceedings of 16th International Conference on Positron Annihilation

19- 24 August, 2012, Bristol, UK, p.112

11. "Monte Carlo simulation of positron thermalization in a buffer gas trap"

S. Marjanović, A. Banković, M. Šuvakov, and Z. Lj. Petrović

Proceedings of 16th International Conference on Positron Annihilation

19- 24 August, 2012, Bristol, UK, p.115

12. "Monte Carlo modeling of positron transport in real-world applications"

Srđan Marjanović, Ana Banković, Milovan Šuvakov, Zoran Lj Petrović

Proceedings of Eighteenth international summer school on vacuum, electron and ion technologies (VEIT2013) 07 – 11. October 2013. Sozopol, Bulgaria, p. 53

13. "Electron and Positron Transport in Gases at Higher Pressures: What May We Learn From The Physics of Ionized Gases"

Z.Lj. Petrović, S. Marjanović, A. Banković, R. White, S. Buckman, G. Malović, S. Dujko

Japan-Australia commemorative workshop (JAWS25) 23-25. June 2013. Canberra, Australia.

14. "Monte Carlo modeling of positron transport in experimental devices and applications"

S. Marjanović

Proceedings of 27th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases

August 26-29, 2014, Belgrade, Serbia, p.13

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу научно-истраживачке и стручне активности и постигнутих резултата може се закључити да је Срђан Марјановић подобан кандидат за израду докторске дисертације на тему "Монте Карло симулација транспорта позитрона у реалним системима испуњеним гасом". Број објављених радова и успешно положен докторски испит, као и претходно наведене активности у области теме докторске дисертације показују спремност за самосталан рад и посвећеност датој теми што представља несумњив аргумент да кандидат заслужује одобрење за рад на поменутој теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Откриће и развој позитронског (Сурко) трапа почетком деведесетих година, довело је до великог напретка у разумевању интеракције нискоенергијских позитрона са атомима и молекулима. Улога позитронског трапа је да, помоћу интеракције позитрона са радним гасом, акумулира и охлади позитроне из радиоактивног извора, и обезбеди довољан број честица са уском енергијском расподелом, како би се потом могле користити у експериментима са добро дефинисаном енергијом и интензитетом снопа. Такође, ниска енергија акумулираног ансамбла позитрона дозвољава и контролу пречника излазног снопа, помоћу методе компресије снопа ротирајућим електричним пољем у једночестичном лимиту, где мала концентрација честица не омогућава формирање плазме. Показало се да применом одговарајуће конфигурације електричног и магнетског поља, фреквенције, и јачине

ротирајућег електричног поља, у одговарајућем гасу (нпр. CF_4), долази до значајне компресије ансамбла позитрона. Као такав, позитронски трап, се користи у великом броју експеримената као што су: мерење пресека за интеракцију позитрона са атомима и молекулима, производња антиводоника, производња и проучавање позитронијума, позитронска анихилациона спектроскопија и слично.

Од тренутка када је први пут примењен, принцип рада и дизајн позитронског трапа се није битније мењао и у зависности од конкретне примене обезбеђивао је ефикасност траповања од $\sim 20\%$. Нови сетови пресека за интеракцију позитрона са гасовима који се користе у траповима, као што су N_2 и CF_4 , који се базирају на мереним подацима, омогућили су рачунарско моделовање рада трапа узевши у обзир реалну геометрију, примењене напоне, притиске и састав гаса. Такав модел би са једне стране омогућио бољи увид у рад самог трапа, а са друге стране пружио могућност да се оптимизује рад трапа променом параметара који се теже мењају у самим експериментима као што су геометрија или састав гаса. Такође, иако се редовно употребљава, принцип рада компресије снопа позитрона ротирајућим електричним пољем није до краја објашњен. Наиме, карактеристике компресије као што су фреквенцијска зависност, зависност од примењеног електричног и магнетског поља не одговарају ни једној од познатих метода компресије, поготово ако се узме у обзир да се компресија постиже са ниским концентрацијама наелектрисаних честица, тј. у лимиту у којем су ефекти просторног наелектрисања занемариви. Нумеричка симулација овог феномена дала би јасно објашњење порекла ефекта компресије, и пружила би могућност оптимизације процеса. Значај истраживања огледа се у могућности, да се кроз оптимизацију уређаја унапреде аспекти траповања позитрона, првенствено ефикасност траповања, а затим и време термализације, време живота позитрона у трапу и ширина излазног снопа честица.

Друга велика област примене позитрона јесте медицина, тј. прецизније, дијагностика помоћу позитронске емисионе томографије (ПЕТ). Приликом прегледа, у пацијента се убацује биолошки активан молекул (флуоридеоксиглукоза) који у свом саставу има радиоактиван изотоп флуора (^{18}F). Биолошки активан молекул се концентрише у ткивима са појачаном метаболичком активношћу, док поменути изотоп служи као извор позитрона, који у интеракцији са молекулима ткива формирају позитронијум, који затим анихилира и емитује (преферентно) два контра-пропагирајућа гама фотона. Коинцидентним детектовањем ових фотона ствара се слика. Најважнији параметри ПЕТ скена јесу резолуција слике, и доза коју пацијент прими током прегледа. Тренутно важеће процене дозе прорачунате су употребом података за интеракцију електрона са водом, као најзаступљенијим молекулом у људском организму.

Један од значајнијих резултата употребе позитронских трапова јесте мерење све већег броја пресека за интеракцију позитрона са различитим молекулима. Вероватно најважнији од тих молекула јесте H_2O , за који сада постоји довољно података да се може оформити комплетан сет пресека. Такође, извршена су мерења одређеног броја пресека и за неколико органских молекула, као што су урацил, мравља киселина, алфа-тетрахидрофурфурил алкохол и сл. Ово омогућава формирање модела ткива који би користио комплетан сет пресека за воду базиран на подацима измереним за позитроне, уз додатак малог процента органских молекула и појединачних пресека који би представљали једноструки или двоструки прекид веза на молекулима ДНК. Такав модел би се могао користити за проучавање структуре путање позитрона, као и свих секундарних електрона које првобитни позитрон произведе у интеракцији са окржењем. Могла би се прецизније одредити доза коју пацијент прими током прегледа, и то на основу података мерених за позитроне, као и вероватноће настанка општећења на молекулима ДНК.

Дакле, предложена теза би се бавила нумеричком анализом три сродна система: симулација рада позитронског трапа са циљем оптимизације тренутног дизајна, симулација методе компресије снопа позитрона унутар замке, применом ротирајућег електричног поља, са циљем откривања механизма одговорног за компресију и симулацијом термализације

високоенергијских позитрона, и секундарних електрона у моделу живог ткива, са циљем прорачуна дозе, структуре трајекторија честица и вероватноће да дође до оштећења молекула ДНК.

Истраживање у оквиру ове теме базираће се на следећој литератури:

1. Murphy T.J., Surko C.M.: *Positron trapping in an aelectrostatic well by inelastic collisions with nithrogen molecules* - Physical Review A, Vol 46, 1992, pp. 5696-5705.
2. Sullivan J. P., Jones A., Caradonna P., Makochekanwa C., Buckman S. J.: *A positron trap and beam apparatus for atomic and molecular scattering experiments* - Review of Scientific Instruments, Vol 79, 2008, 113105 (1-5).
3. Cassidy D.B., Deng S.H.M., Greaves R.G., Mills Jr. A.P.: *Accumulator for the production of intense positron pulses*, Review of Scientific Instruments, Vol 77, 2006, pp. 073106 (1-8).
4. Greaves R. G., Moxom J. M.: *Compression of trapped positrons in a single particle regime by a rotating electric field* - Physics of Plasmas, Vol 15, 2008, pp. 072304 (1-6).
5. Isaac C.A., Baker C.J., Mortensen T., van der Werf D. P., Charlton M.: *Compression of Positron Clouds in the Independent Particle Regime* - Physical Review Letters, Vol 107, 2011, pp. 033201 (1-4).
6. Garcia G., Petrović Z. Lj, White R., Buckman S.: *Monte Carlo Model of Positron Transport in Water:Track Structures Based on Atomic and Molecular Scattering Data for Positrons* - Plasma Science, IEEE Transactions on, Vol 39, 2011, pp. 2962-2963.
7. Fuss M.C., Sanz A.G., Muñoz A., Blanco F., Brunger M.J., Buckman S.J., Limão-Vieira P. , García G.: *Current prospects on low energy particle track simulation for biomedical applications, Applied Radiation and Isotopes* - Applied Radiation and Isotopes, Vol 83, 2014, pp. 159-164

3. Полазне хипотезе

У изради тезе, полази се од две претпоставке:

- Интеракција наелектрисаних честица са гасом је добро описана кроз бинарне сударе, који су дефинисани сударним пресеком за дати пар честица-позадински гас.

- Густина наелектрисаних честица је довољно мала, те су ефекти просторног наелектрисуња занемариви.

За услове ниског притиска унутар позитронског трапа прва претпоставка је задовољена док за симулацију термализације позитрона високе енергије у ткиву свакако није. Ипак, недавно објављени резултати симулација транспорта позитрона у течной води показују да за енергије позитрона преко 5eV нема разлике у транспорту између гаса и течне фазе. Дакле апроксимација ткива употребом пресека за водену пару неће утицати на валидност резултата, јер се најбитнији ефекти дешавају на енергијама вишим од 5eV.

По својој природи позитрон има релативно кратко време живота, и осим у посебним експериментима чији је циљ стварање позитронске плазме, типичне густине честица су јако мале. Зато је у сва три испитивана система претпоставка занемаривања просторног наелектрисуња оправдана.

4. Научне методе истраживања

Техника која је одабрана за проучавање транспорта позитрона у описаним системима јесте Монте Карло нумеричка техника реализована у C++ рачунарском језику. Предност Монте Карло технике, у односу на конкуренте (техника решавања Болцманове једначине апроксимацијом два члана, односно са више чланова) јесте лакоћа имплементације комплексних геометрија и комплексних облика електричног и магнетског поља неопходних за опис анализираних система. Цена која се плаћа избором ове технике јесте дуге време извршавања програма, поготово у случају анализе компресије снопа позитрона ротирајућим електричним пољем. У том случају карактеристична фреквенција осциловања позитрона у пољу је неколико редова величине већа од фреквенције судара са честицама позадинског гаса. То захтева јако кратак временски корак у симулацији трајекторије честице што доводи до веома дугачког и непрактичног времена извршавања. Како би се превазишао проблем програм намењен симулацији овог система ће бити паралелизован и прилагођен пуштању на мултипроцесорском систему.

Битан аспект сваке од планираних симулација јесте коректан прорачун колизионе фреквенце и одабир брзине мете за позитроне са енергијама блиским термалној. Ове процедуре углавном нису део стандардних Монте Карло симулација транспорта честица, те их је неопходно укључити у ове кодове ради адекватног описа термализације роја честица.

5. Очекивани научни допринос

У овом тренутку у литератури не постоји слична симулација рада позитонског трапа која би указала на недостатке постојећег дизајна. Очекивано је да се највећи број позитрона у трапу изгуби кроз процес формирања позитронијума. У симулацији ће се покушати да променом радног гаса тј. коришћењем CF_4 гаса уместо N_2 , и променом улазне енергије позитрона избегнемо процес формирања позитронијума што би требало да подигне ефикасност траповања са садашњих ~20% на вредности преко 60%. Такође, очекује се да предвиђена промена доведе до скраћења времена термализације позитрона у трапу, као и до ужег излазног снопа

Једини постојећи рад који објашњава процес компресије снопа позитрона ротирајућим електричним пољем у једночестичном режиму, описује интеракцију позитрона са позадинским гасом само кроз параметар вискозности, који се користи да се теоријско предвиђање фитује на експерименталне резултате. То, са једне стране, представља веома грубу апроксимацију, а са друге стране, вредности фитованог параметра вискозности су неколико редова величине веће од очекиваних за услове експеримента. Коришћењем постојећих сетова пресека, ће се судари позитрона са позадинским гасом моделовати егзактно и показати да су заправо нееластични процеси, и то посебно судари са великим губитком енергије попут електронских екситација или јонизације, који се не могу представити кроз вискозност, одговорни за постојање ефекта компресије. Заправо показаћемо да је сам чин компресије последица асиметричног резонантног транспорта роја позитрона у комплексној геометрији поља.

У оквиру симулације транспорта позитрона у ткиву, предложена симулација представља употребу стандардних алата за анализу транспорта ројева који се користе за опис транспорта и плазма хемије индуковане електронима, на примеру позитрона. Добијени резултати ће указати на природу везе депоноване енергије и оштећења на органским молекулима проузроковану високоенергијским позитронима и произведеним секундарним електронима.

Очекивани научни допринос може се поделити у пет ставки:

- Развиће се рачунарски код који описује рад позитронског трапа.
- Предложиће се нови начин траповања, коришћењем CF_4 као основог гаса, и показати предности таквог начина траповања кроз симулацију.
- Развиће се рачунарски код који симулира процес компресије снопа позитрона у једночестичном режиму ротирајућим електричним пољем.
- Објасниће се механизам компресије снопа ротирајућим електричним пољем кроз интеракцију позитрона са молекулима гаса
- Развиће се рачунарски код за симулацију транспорта позитрона у моделу ткива и одредити корелација између енергије коју честице депонују у ткиву и стохастичких догађаја који могу довести до оштећења молекула ДНК.

6. План истраживања и структура рада

У првој фази, приступиће се прегледу релевантне литературе из области транспорта позитрона у гасовима и течностима, као и литературе која се односи конкретно на испитиване системе. Затим ће се написати рачунарски код који ће Монте Карло техником, бити у стању да рачуна транспорт наелектрисаних честица у гасу, за различита електрична и магнетска поља, и који ће на коректан начин укључити термалне ефекте, који су неопходни за жељене прорачуне. Полазећи од таквог основног кода, уважавајући специфичности сваког од циљаних система, развиће се три сродна програма, сваки за појединачну намену.

У другој фази, за сваки од испитиваних система, обавиће се низ прорачуна за различите услове. У случају анализе позитронског трапа, прво ће се извршити симулација постојећег дизајна, анализираће се ограничења и предложити алтернативни дизајн који би унапредио одређене аспекте трапа. Затим би се извршила симулација предложеног дизајна и утврдиле предности и недостаци у односу на оригинални.

У случају анализе метода компресије снопа позитрона ротирајућим електричним пољем, прво ће се испитати различити апроксимативни модели примењеног електричног поља, уз примену CF_4 као позадинског гаса, за који је познато да пружа добре резултате, како би се установили услови у којима долази до компресије снопа. Затим ће се за установљени облик електричног поља испитати компресија у различитим гасовима како би се утврдило који су сударни процеси доминантни, и који су одговорни за чињеницу да је компресија у једном гасу могућа а у другом не. Обавиће се анализа добијених резултата и дефинисати механизам који доводи до компресије.

У случају анализе структуре трајекторија високоенергијских позитрона у ткиву, на сет пресека за интеракцију позитрона са водом, додаће се , у малом проценту, пресек за дисоцијацију молекула метана, као најпростијег органског молекула, који ће у бити представљати прекид C-H везе. Овај пресек ће се користити као представа оштећења на молекулима ДНК. Такође, пратиће се и сви секундарни електрони настали јонизацијом, у судару позитрона са молекулима воде. Затим ће се извршити симулације, приказати типичне трајекторије позитрона, и секундарних електрона које сваки позитрон произведе, као и њихови судари. Прорачунаће се просторни профили депоноване енергије, и учесталости појединачних типова судара.

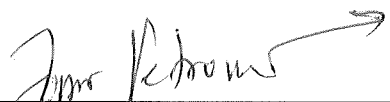
Сви добијени резултати ће бити приказани у тези уз анализу и дискусију за сваки појединачни случај.

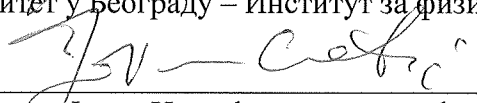
7. Закључак и предлог

Објављени резултати кандидата из области предложене теме докторске дисертације потврђују значај и актуелност предмета истраживања. Истраживање у области теме одвија се у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја: "Фундаментални процеси и примене транспорта честица у неравнотежним плазмама, траповима и наноструктурама" (број: ОН171037) и "Примене нискотемпературних плазми у биомедицини, заштити човекове околине и нанотехнологијама" (број: ИИИ41011). Предложена тема је научно заснована и има могућност практичне примене те комисија констатује да Срђан Марјановић, дипл.инж.електротехнике испуњава све потребне услове да може приступити изради докторске дисертације под насловом "Монте Карло симулација транспорта позитрона у реалним системима испуњеним гасом". Тема припада ужој научној области Теорија транспорта наелектрисаних честица. За менторе рада предложени су др Зоран Љ. Петровић, научни саветник Института за физику – Универзитет у Београду и др Јован Цветић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 2.7.2015.

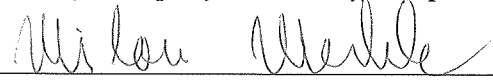
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Зоран Љ. Петровић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за физику


др Јован Цветић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Јован Радуновић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Саша Дујко, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за физику


др Милан Меркле, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет