

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за избор др Сање Тошић у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 15.03.2022. године именовани смо у комисију за избор др Сање Тошић у звање виши научни сарадник. Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидаткиње и увида у њен рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Сања Тошић рођена је у Зајечару 04. 06. 1973. године. Физички факултет – смер Примењена физика завршила је на Универзитету у Београду 2000. године са средњом оценом 9,08. Последипломске студије је уписала 2001. године на Физичком факултету Универзитета у Београду – смер Експериментална физика атома и молекула. Магистарску тезу је комплетирали у Лабораторији за атомске сударе Института за физику у Београду под руководством др Братислава Маринковића. Магистарску тезу под називом "*Еластично и нееластично расејање електрона на атому калцијума*" је одбранила 30. 06. 2006. године на Физичком факултету у Београду. Докторску тезу под називом "*Расејање електрона средњих енергија на атомима олова и сребра*" је такође урадила у Лабораторији за атомске сударне процесе Института за физику под руководством др Братислава Маринковића и одбранила је 23. 03. 2012. година на Физичком факултету Универзитета у Београду.

У радном односу је од септембра 2001. године у Институту за физику у Београду. 30. 01. 2007. године изабрана је у звање истраживач сарадник а од 31. 10. 2012. је у звању научни сарадник. У исто звање реизабрана је 26. 04. 2018. године.

Била је ангажована на више националних пројеката финансираних од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Такође је била ангажована на пројекту „Nanoscale insights in radiation damage“ (2014-2015) под руководством др Братислава Маринковића. У питању је истраживачки пројекат од посебног значаја (Grande Rilevanza) изабран у оквиру извршног програма научне и технолошке сарадње између Републике Италије и Републике Србије. Била је руководилац другог Grande Rilevanza билатералног пројекта (Research area: Mathematics, Physics, Chemistry and Biology) између Републике Италије и Републике Србије под насловом „A nanoview of radiation-biomatter interaction“ (2016 – 2018).

У периоду од 2014. године, учествовала је и на више пројеката на синхротронском извору зрачења Elettra у Трсту, Италија (на једном од њих као главни предлагач):

- “Energy flow in halogenated pyrimidines studied by site- and state-selective fragmentation” (2014, Proposal 20135431, Beamline GASPHASE Elettra synchrotron Trieste; Principal investigator: Paola Bolognesi, CNR-ISM, Roma, Italy);

- “Investigation of the fragmentation mechanisms of nitroimidazole radio sensitisers” (2015, Proposal 20150216, Beamline GASPHASE Elettra synchrotron Trieste; Principal investigator: Paola Bolognesi, CNR-ISM, Roma, Italy);
- “Investigation of the radiation damage mechanisms of chemotherapeutically active nitro compounds” (2016, Proposal 20160070, Beamline GASPHASE, Elettra synchrotron Trieste; Principal investigator: Paola Bolognesi, CNR-ISM, Roma, Italy);
- “Investigation of the fragmentation mechanisms of halogenated anesthetics” (2018, Proposal 20180158, Beamline GASPHASE Elettra synchrotron Trieste; Principal investigator: Sanja Tošić, IPB, Serbia);

Активно је учествовала на пројектима у оквиру 4 акције Европског програма за сарадњу у домену научних и технолошких истраживања - COST (European Cooperation in Science and Technology):

- MP1002 Nano - IBCT “Nanoscale insights into Ion Beam Cancer Therapy” (2010-2014);
- CM-1204 XLIC “XUV/X-ray light and fast ions for ultrafast chemistry” (2013-2017);
- CA-18222 AttoChem “Attosecond Chemistry” (2019-2023);
- CA18212 MD-GAS “Molecular Dynamics in the GAS phase” (2019-2023) - национални представник у менаџмент комитету, члан core групе, STSM (Short term scientific missions) координатор и ITC conference grants менаџер.

Сања Тошић је добитница награде *Проф. др Љубомир Ђирковић* за најбољи магистарски рад одбрањен на Физичком факултету 2006. године као и Студентске награде Института за физику 2007. године. Аутор/коаутор је 18 радова објављених у међународним часописима (од чега 15 у категорији M21, 2 у категорији M22, и један у категорији M23) као и већег броја саопштења на домаћим и међународним конференцијама. Резултати су презентовани и у склопу предавања по позиву на међународним и домаћим скуповима.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научна активност др Сање Тошић везана је за област атомске, молекулске и хемијске физике, пре свега за експериментална истраживања основне феноменологије судара електрона са атомима и молекулима као и интеракције фотона из синхротронског радијационог извора са молекулима, првенствено биомолекулима у гасном стању.

Сударне интеракције електрона са различитим атомима и молекулима имају велику улогу у развоју модерне физике, и то не само атомске и молекулске већ и физике плазме, физике кондензованог стања, физике површина, физике атмосфере, астрофизике, биофизике али и многих других области где се управо помоћу механизма елементарних реакција у судару као и микроскопског понашања електрона, атома и молекула објашњавају неки макроскопски феномени.

Истраживање процеса интеракције синхротронског зрачења и нискоенергијских електрона са биомолекулима има како фундаментални значај тако и значај у примени где пружа важне податке за истраживања у научним областима, као што су биомедицина и истраживања радијационог оштећења живе материје.

У наставку су укратко описане активности кандидата у оквиру истраживачких тема.

Напомена: Звездицом () су означени радови публиковани у периоду након претходног избора у звање. У једном периоду научног рада, кандидаткиња је објављивала радове под презименом Милисављевић.*

2.1. Расејање електрона на атомима метала

Истраживање интеракција електрона са изолованим атомима под добро дефинисаним експерименталним условима има за циљ да се прошири знање о атомским процесима (разумевање структуре и динамике атомских честичних система) како би се исти могли карактеризовати у теоријским прорачунима атомских система. Налажење вероватноће, тј. диференцијалног пресека је од пресудног значаја за опис сударног процеса и у експерименталним и у теоријским истраживањима. Сам пресек је повезан са амплитудом расејања која је опет одређена типом интеракције, тј. интеракционим потенцијалом, структуром и физичким особинама честица, њиховом релативном брзином, таласним функцијама, углом расејања. Избором одговарајућих параметара за посматрани систем и применом одговарајуће апроксимације, теоријским путем се може израчунати прво амплитуда расејања а преко ње и диференцијални пресек. Експериментално одређивање диференцијалног пресека заснива се на мерењу интензитета, тј. броја расејаних електрона у функцији угла или енергије при чему између мереног сигнала и траженог пресека постоји директна зависност.

Од примарног интереса истраживања електронских сударних процеса је било еластично расејање електрона средњих енергија, спектри губитака енергије и диференцијални пресеци за ексцитацију атома метала (Ca, Pb, Ag, In). Сва мерења су извршена у режиму бинарних судара техником укрупњених млазева – електронског млаза произведеног у електронском топу и ефузионог млаза атома метала.

У циљу добијања поузданих вредности пресека било је потребно развити методологију мерења и унапредити низ експерименталних техника у електронској спектрометрији. У оквиру ове тематике Сања Тошић је радила на:

- анализи режима рада пећи за метале (захваљујући детаљном познавању рада са металним парама дала је значајан допринос конструисању система пећи за топљење метала у условима високог вакуума);
- калибрацији и тестирању експерименталног уређаја;
- методологији добијања атомског млаза мете атома метала који имају високу температуру топљења;
- методологији мерења релативних пресека и добијању апсолутних вредности диференцијалних пресека применом технике нормализације на оптичку јачину осцилатора.

Резултати до којих је дошла кандидаткиња у оквиру ове тематике представљају значајан научни допринос разумевању интеракције електрона са атомима метала, посебно тешким атомима (Ag и Pb) и у исто време представљају ригорозан тест за нове и квалитетније прорачуне интеракције електрона са атомима који имају релативно велики број електрона.

Rezultati istraživanja prikazani su u sledećim radovima:

(M21) * B. P. Marinković, **S. D. Tošić**, D. Šević, R. P. McEachran, F. Blanco, G. Garcia and M. J. Brunger
Electron-impact excitation of the $(4d^{10}5s) \ ^2S_{1/2} - (4d^95s^2) \ ^2D_{3/2}$ and $(4d^{10}5s) \ ^2S_{1/2} - (4d^{10}6s) \ 2S_{1/2}$ transitions in silver: Experiment and theory
Physical Review A, **104** 022808 (2021)
doi: 10.1103/PhysRevA.104.022808

(M21)* **S. D. Tošić**, V. Pejčev, D. Šević, R. P. McEachran, A. D. Stauffer and B. P. Marinković
Electron-impact excitation of silver
Physical Review A, **91** 052703 (2015)
doi: 10.1103/PhysRevA.91.052703

(M21) **S. D. Tošić**, V. Pejčev, D. Šević, R. P. McEachran, A. D. Stauffer and B. P. Marinković
Absolute differential cross sections for electron excitation of silver at small scattering angles
Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms, **279** 53 (2012)
doi:10.1016/j.nimb.2011.10.066

(M21) **S. D. Tošić**, V. I. Kelemen, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, E. Yu. Remeta and B. P. Marinković
Elastic electron scattering by silver atoms
Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms, **267** 283 (2009)
doi:10.1016/j.nimb.2008.10.060

(M21) M. S. Rabasović, **S. D. Tošić**, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović and B. P. Marinković
Electron impact excitation of the $6s \ ^2S_{1/2}$ state of In atom at small scattering angles
Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms, **267** 279 (2009)
doi:10.1016/j.nimb.2008.10.056

(M21) M. S. Rabasović, V. I. Kelemen, **S. D. Tošić**, D. Šević, M. M. Dovahnych, V. Pejčev, D. M. Filipović, E. Yu. Remeta and B. P. Marinković
Experimental and theoretical study of the elastic electron-indium atom scattering in the intermediate energy range
Physical Review A, **77** 062713 (2008)
doi: 10.1103/PhysRevA.77.062713

(M21) **S. D. Tošić**, M. S. Rabasović, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, Lalita Sharma, A. N. Tripathi, Rajesh Srivastava and B. P. Marinković
Elastic electron scattering by a Pb atom
Physical Review A, **77** 012725 (2008)
doi: 10.1103/PhysRevA.77.012725

(M21) **S. Milisavljević**, M. S. Rabasović, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, Lalita Sharma, Rajesh Srivastava, A. D. Stauffer and B. P. Marinković
Excitation of the $6p7s \ ^3P_{0,1}$ states of Pb atoms by electron impact: Differential and integrated cross sections

Physical Review A, **76** 022714 (2007)
doi: 10.1103/PhysRevA.76.022714

(M21) **S. Milisavljević**, M. S. Rabasović, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, Lalita Sharma, Rajesh Srivastava, A. D. Stauffer and B. P. Marinković
Electron-impact excitation of the $6p7s\ ^3P_1$ state of Pb atom at small scattering angles
Physical Review A, **75** 052713 (2007)
doi: 10.1103/PhysRevA.76.052713

(M22) B. P. Marinković, V. Pejčev, D. M. Filipović, D. Šević, **S. Milisavljević** and B. Predojević
Electron collisions by metal atom vapour
Radiation Physics and Chemistry, **76** 455 (2007).

(M21) **S. Milisavljević**, D. Šević, R. K. Chauhan, V. Pejčev, D. M. Filipović, R. Srivastava and B. P. Marinković
Differential and integrated cross sections for the elastic electron scattering by calcium atom
Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics, **38** 2371 (2005)
doi: 10.1088/0953-4075/38/14/004

(M21) **S. Milisavljević**, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović and B. P. Marinković
Differential and integrated cross sections for the electron excitation of the 4^1P_0 state of calcium atom
Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics, **37** 3571 (2004)
doi: 10.1088/0953-4075/37/18/002

2.2. Интеракција фотона са биомолекулима

Истраживање процеса интеракције синхротронског зрачења са биомолекулима има фундаментални значај и пружа важне податке за истраживања, пре свега у биомедицини где се последњих година посебна пажња поклања проучавању радијационог оштећења живе материје у циљу проналажења нових ефикаснијих метода у лечењу неких тешких болести као што је нпр. рак. У радиотерапији се користе различити извори зрачења, од фотона до електрона и јонских снопова, при чему се свака врста зрачења различито понаша у интеракцији са биолошким материјалом тј. са ћелијама. Међутим, заједничко за све њих јесте недостатак селективности у смислу разликовања здравих од оболелих ћелија. Селективна, тј. „циљана“ радиотерапија омогућава смањење дозе зрачења којој се излаже пацијент и усто време повећава своје „штетно“ дејство на ћелије захваћене раком штедећи при томе здраве ћелије. Зато се у клиничким применама у комбинацији са зрачењем користе и специјални лекови, тзв. радиосензитизери. Проучавање физичких и хемијских механизма одговорних за особине ових молекула је од пресудног значаја за избор одговарајућег ефикасног радиосензитизера.

У оквиру ове тематике, а у сарадњи са колегама из Италије, кандидаткиња је проучавала могуће механизме радијационог оштећења као директну последицу апсорпцију X зрачења у халогеним дериватима пиримидина који представљају значајну класу радиосензитизер молекула. У експериментима је коришћена коинцидентна техника где су коначни производи карактеристичног фотојонизационог процеса у коелацији са временом при чему се добијају јединствене информације о фотофрагментацији посматраног молекула. Показано је да у молекулу пиримидина $C_4H_4N_2$ фрагментација значајно зависи од енергије фотона тј. зависи од тога да ли је у питању резонантна електронска екситација $1s$ електрона

из најниже љуске три нееквивалентна угљеникова атома или једног атома азота у вишу непопуњену везивну молекулску π^* орбиталу. Резултати мерења на молекулима 2Br-пиримидина и 5Br-пиримидина такође указују да је фрагментација молекула функција супституената и њиховог положаја у прстену пиримидина.

Комбинован експериментални и теоријски приступ је коришћен и у проучавању механизма фрагментације молекула имидазола ($C_3H_4N_2$), нитроимидазола ($C_3H_3N_3O_2$) и његова три изомера (4-, 5- и 2-нитроимидазол). Резултати масене спектрометрије и електрон-јон коинцидентне спектроскопије и овде показују битне разлике у фрагментацији индукованом VUV зрачењем. У експерименту је показано да постоје механизми који доводе до ослобађања неутрала као што су NO, CO и HCN који имају снажан утицај на билошки материјал (ћелије) па као такви могу да имају значајну улогу у механизму деловања радиосенситизер молекула у току радиотерапије.

Резултати истраживања приказани су у следећим радовима:

(M22) * P. Bolognesi, A. Kettunen, P. O’Keeffe, R. Richter, A. Cartoni, A. Casavola, M. Castrovilli, **S. Tosić**, B. Marinkovic and L. Avaldi
Inner shell photofragmentation of 2Cl-pyrimidine studied by mass spectrometry and electron-ion coincidence experiments
Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics - Special issue on Frontiers of AMO Science with FELs and Synchrotron Radiation, **53** 244004 (2020)
<https://doi.org/10.1088/1361-6455/abc146>

(M21) * J. Chiarinelli, A. R. Casavola, M. C. Castrovilli, P. Bolognesi, A. Cartoni, Feng Wang, R. Richter, D. Catone, **S. Tosić**, B. P. Marinkovic and L. Avaldi
Radiation Damage Mechanisms of Chemotherapeutically Active Nitroimidazole Derived Compounds
Frontiers in Chemistry, **7** 329 (2019)

(M21) * P. Bolognesi, V. Carravetta, L. Sementa, G. Barcaro, S. Monti, P. M. Mishra, A. Cartoni, M. C. Castrovilli, J. Chiarinelli, **S. Tošić**, B.P. Marinković, R. Richter and L. Avaldi
Core Shell Investigation of 2-nitroimidazole
Frontiers in Chemistry, **7** 151 (2019)

(M21) * P. Bolognesi, A. R. Casavola, A. Cartoni, R. Richter, P. Markus, S. Borocci, J. Chiarinelli, **S. Tošić**, H. Sa’adeh, M. Masič, B.P. Marinković, K.C. Prince and L. Avaldi
Communication: “Position” does matter: The photofragmentation of the nitroimidazole isomers
Journal of Chemical Physics, **145** 191102 (2016)
doi: 10.1063/1.4967770

(M21) * P. Bolognesi, J. A. Kettunen, A. Cartoni, R. Richter, **S. Tosić**, S. Maclot, P. Rousseau, R. Delaunay and L. Avaldi
Site- and state- selected photofragmentation of 2Br-pyrimidine
Physical Chemistry Chemical Physics, **17** 24063 (2015)
doi: 10.1039/C5CP02601F

2.3. Истраживање механизма фрагментације халогених анестетика

Постоји много фактора који диктирају правац и величину климатских промена. Пре свега, људске активности резултирају испуштањем велике количине различитих хемијских једињења у атмосферу која утичу на животну средину и здравље људи. С обзиром да су дугоживећа једињења која садрже хлор и бром директно одговорна за уништавање стратосферског озонског омотача, последњих година посебна пажња посвећена је халогеним анестетичима и њиховом доприносу и утицају на климатске промене. Наиме, инхалациони анестетици се веома мало метаболички мењају приликом клиничке употребе, остају у непромењеном облику и као такви могу да заврше у атмосфери док молекули неких анестетика са дугим временом живота могу стићи и у стратосферу у значајним количинама. Као резултат фотојонизације тих молекула настају радикали који везују озон и на тај начин директно утичу на уништавање озонског омотача.

У оквиру ове истраживачке теме коју је Сања Тошић покренула, у сарадњи са колегама из CNR-ISM, извршена је опсежна и детаљна студија о механизму фотофрагментације молекула халотена ($C_2HBrClF_3$) једног од најчешће коришћених халогених анестетика (у поређењу са другим испарљивим анестетичима из исте групе (халогенизовани хлорофлуороугљеници) овај агенс који садржи бром је један од најактивнијих агенаса у смањењу озонског омотача). Прелиминарни добијени резултати показују неколико различитих путева фрагментације који садрже фрагменте уочене у атмосфери.

Такође је испитивана фрагментација и других халогених анестетика, односно молекула севофлурана ($C_4H_3F_7O$), енфлурана ($C_3H_2ClF_5O$) и изофлурана ($C_3H_2ClF_5O$). Анализа добијених масених спектра, спектра добијених из коинциденције фотоелектрон-фотојон и NEXAFS (near edge X-ray absorption fine structure) спектра ових молекула је у току. Прелиминарни резултати су презентовани у виду неколико саопштења на конференцијама.

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. *Научни ниво и значај научних резултата, утицај научних радова*

Сања Тошић је у свом досадашњем научном раду објавила укупно 18 радова у међународним часописима са ISI листе, од чега 15 категорије M21 (врхунски међународни часописи), 2 категорије M22 (истакнути међународни часописи) и 1 рад у категорији M23 (међународни часописи). Такође је објавила 1 рад категорије M52 (рад у истакнутом националном часопису), 1 категорије M31 (предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини), 1 категорије M32 (предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу), 9 категорије M33 (саопштење са међународног скупа штампано у целини), 28 категорије M34 (саопштење са међународног скупа штампано у изводу), 2 категорије M61 (предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини), 2 категорије M63 (саопштење са скупа националног значаја штампано у целини), 3 категорије M64 (саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу). У једном периоду научног рада објављивала је радове под презименом Милисављевић.

Кандидаткиња је након претходног избора у звање научни сарадник објавила 8 радова у међународним часописима са ISI листе. Од тога, 6 радова су категорије M21 (врхунски међународни часописи), 1 рад је категорије M22 (истакнути међународни часописи) и 1 рад у категорији M23 (међународни часописи). Поред тога, објавила је 1 рад категорије M31 (предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини), 1 рад категорије M32 (предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу), 2 категорије M33 (саопштење са међународног скупа штампано у целини), 16 радова категорије M34 (саопштење са међународног скупа штампано у изводу). Такође, била је један од уредника зборника саопштења међународног скупа (M36).

Пет најзначајнијих радова:

1. (M21) P. Bolognesi, A. R. Casavola, A. Cartoni, R. Richter, P. Markus, S. Borocci, J. Chiarinelli, **S. Tošić**, H. Sa'adeh, M. Masič, B.P. Marinković, K.C. Prince and L. Avaldi
Communication: "Position" does matter: The photofragmentation of the nitroimidazole isomers
Journal of Chemical Physics, **145** 191102 (2016)
doi: 10.1063/1.4967770
(ИФ 2.965, цитиран 15 пута)
2. (M21) P. Bolognesi, J. A. Kettunen, A. Cartoni, R. Richter, **S. Tosic**, S. Maclot, P. Rousseau, R. Delaunay and L. Avaldi
Site- and state- selected photofragmentation of 2Br-pyrimidine
Physical Chemistry Chemical Physics, **17** 24063 (2015)
doi: 10.1039/C5CP02601F
(ИФ 4.493, цитиран 22 пута)
3. (M21) **S. D. Tošić**, V. I. Kelemen, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, E. Yu. Remeta and B. P. Marinković
Elastic electron scattering by silver atoms
Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms, **267** 283 (2009)
doi:10.1016/j.nimb.2008.10.060
(ИФ 1.156, цитиран 19 пута)
4. (M21) **S. D. Tošić**, M. S. Rabasović, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović, Lalita Sharma, A. N. Tripathi, Rajesh Srivastava and B. P. Marinković
Elastic electron scattering by a Pb atom
Physical Review A, **77** 012725 (2008)
doi: 10.1103/PhysRevA.77.012725
(ИФ 2.908, цитиран 17 пута)
5. (M21) **S. Milisavljević**, D. Šević, V. Pejčev, D. M. Filipović and B. P. Marinković
Differential and integrated cross sections for the electron excitation of the 4^1P_0 state of calcium atom
Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics, **37** 3571 (2004)
doi: 10.1088/0953-4075/37/18/002
(ИФ 1.969, цитиран 14 пута)

Први рад (*Journal of Chemical Physics*, **145** 191102 (2016)) урађен је на синхротрону Elettra у Трсту на гасној линији (GASPHASE). Комбинован експериментални и теорисјки приступ је

коришћен у проучавању механизма фрагментације молекула имидазола ($C_3H_4N_2$), нитроимидазола ($C_3H_3N_3O_2$) и његова три изомера (4-, 5- и 2-нитроимидазола). Резултати масене спектрометрије и електрон-јон коинцидентне спектроскопије показују битне разлике у фрагментацији индукованој VUV зрачењем. У експерименту је показано да постоје механизми који доводе до ослобађања неутрала као што су NO, CO и HCN који имају снажан утицај на билошки материјал (ћелије) па као такви могу да имају значајну улогу у механизму деловања радиосенситизер молекула у току радиотерапије. Конкретни научни допринос кандидаткиње у реализацији резултата се огледа у анализи масених и NEXAFS спектра што је самостално урадила. Елементи примењивости добијених научних резултата постоје, посебно у примени радиотерапије и употребе радиосенситизера (потврђена разлика у делотворности изомера 4-нитроимидазола у односу на изомере истог молекула који се у медицини користи као радиосенситизер).

Експериментална истраживања презентована у другом раду (*Physical Chemistry Chemical Physics*, **17** 24063 (2015)) су добијена на синхротрону Elettra и Лабораторији Института за истраживање материје у Риму. У овом раду кандидаткиња је проучавала могуће механизме радијационог оштећења као директну последицу апсорпцију X зрачења у халогеним дериватима пиримидина (2Br-пиримидина и 5Br-пиримидина) који представљају значајну класу радиосенситизер молекула. У експериментима је коришћена коинцидентна техника где су коначни производи карактеристичног фотојонизационог процеса у корелацији са временом при чему се добијају јединствене информације о фотофрагментацији посматраног молекула. Показано је да у молекулу пиримидина $C_4H_4N_2$ фрагментација значајно зависи од енергије фотона тј. зависи од тога да ли је у питању резонантна електронска ексцитација 1s електрона из најниже љуске три нееквивалентна угљеникова атома или једног атома азота у вишу непопуњену везивну молекулску π^* орбиталу. Резултати мерења на молекулима 2Br-пиримидина и 5Br-пиримидина такође указују да је фрагментација молекула функција супституената и њиховог положаја у прстену пиримидина. Као и у мерењима на молекулу нитроимидазола (први рад), и овде се степен учешћа Сање Тошић у реализацији резултата огледа у равноправном учешћу у експерименталном делу рада и самосталној анализи дела добијених резултата (масени, NEXAFS, XPS спектри).

У трећем раду (*Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms*, **267** 283 (2009)) презентована су експериментална и теоријска истраживања еластичног расејања електрона средњих енергија на атомима сребра, при чему је Сања Тошић дала кључни допринос експерименталном делу (мерења, анализа и тумачење измерених резултата). Угаоне зависности диференцијалних пресека за посматрани процес су измерене на апаратури ESMA у Институту за физику у Београду. Сва мерења су извршена у режиму бинарних судара техником укрштених млазева – електронског млаза произведеног у електронском топу и ефузионог млаза атома метала за електроне у опсегу енергија од 10eV до 100eV. Теоријски прорачуни су урађени коришћењем комплексног оптичког потенцијала (укључена спин-орбитна интеракција) са и без апсорције. Експерименталне апсолутне вредности пресека добијене су из односа интензитета еластичног и нееластичног сигнала (нераздвојена резонантна линија сребра $4d^{10}5p^2P_{1/2, 3/2}$) на углу 10° на свакој упадној енергији електрона.

Експериментални резултати представљени у четвртном раду (*Physical Review A*, **77** 012725

(2008)) су такође добијени у Институту за физику у Београду. Поред тога, приказани су и резултати теоријских студија еластичног расејања електрона на атомима олова. Измерена је угаона расподела еластично расејаних електрона у средњем енергетском опсегу до 100 eV на угловима расејања од 10° до 150° (на угловима расејања мањим од 10° мерења нису одрађена због могућег утицај примарног електронског снопа) и израчунати су одговарајући интегрални пресеци (интегрални, за пренос импулса, за вискозност). За теоријско моделовање коришћен је метод релативистичког оптичког потенцијала коришћењем Hartree-Fock и Dirac-Fock таласних функција. Добијени резултати су представљали наставак наших ранијих истраживања процеса нееластичног расејања у систему електрон-атом олова. И у овом случају кандидаткиња је дала кључни допринос експерименталном делу рада. Радила је на развијању методологије мерења, пре свега на конструисању система пећи за топљење метала у условима високог вакуума и добијању атомског млаза мете атома метала који имају високу температуру топљења.

Пети рад (*Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics*, 37 3571 (2004)) даје приказ експерименталног проучавања електронске ексцитације 4^1P стања атома калцијума. Сања Тошић је учествовала у мерењу, радила је на анализи режима рада пећи за метале, калибрацији и тестирању експерименталног уређаја, на методологији мерења релативних пресека и добијању апсолутних вредности диференцијалних пресека применом одговарајуће технике нормализације. Такође је дала кључан допринос и у обради и тумачењу експерименталних резултата. По први пут су измерени диференцијални пресеци у процесу бинарних судара електрона средњих енергија (до 100eV) са атомима калцијума коришћењем методе укрштених млазева. Одрађена су мерења на малим угловима расејања (од 1° до 10°) и на угловима од 10° до 150°. Прва група мерења на малим угловима је посебно значајна због процеса нормирања. Наиме, прво су апсолутне вредности диференцијалног пресека на малим угловима добијене нормирањем генералисане јачине осцилатора на оптичку јачину осцилатора за дато стање а затим су пресеци на већим угловима једноставно „зашивени“ на тако добијене апсолутне пресеке. Диференцијални пресеци су екстраполирани до 180° и израчунати су и интегрални пресек, пресек за пренос импулса и за вискозност. Резултати су поређени са постојећим теоријским прорачуном (релативистички метод изобличених таласа).

Резултати до којих је дошла кандидаткиња и који су представљени у радовима 3, 4 и 5 представљају значајан научни допринос разумевању интеракције електрона са атомима метала, посебно тешким атомима (Ag и Pb) а у исто време представљају ригорозан тест за нове и квалитетније прорачуне интеракције електрона са атомима који имају релативно велики број електрона.

3.1.2. Позитивна цитираност научних радова

Према Web of Science/Scopus цитатним базама, научни радови др Сање Тошић цитирани су 171/210 пута, односно 134 пута без самоцитата (h-index=9).

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

За процену квалитета часописа у којима су радови публиковани у наставку су приказане категорије часописа и њихов фактор утицаја, односно импакт фактор – ИФ (наведена је најбоља вредност из периода до две године уназад од када је рад објављен). Подвучени су фактори утицаја часописа у којима су објављени радови након претходног избора у звање.

Категорија М21

6 радова у *Physical Review A* (ИФ 3.140, ИФ 2.991, ИФ 2.908 за два рада, ИФ 3,047 за два рада);
2 рада у *Frontiers in Chemistry* (ИФ 4.155 за оба рада);
1 рад у *Journal of Chemical Physics* (ИФ 2.969);
1 рад у *Physical Chemistry Chemical Physics* (ИФ 4.493);
3 рада у *Nuclear instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms* (ИФ 1.266, ИФ 1.156 за два рада)
2 рада у *Journal of Physics B: Atomic Molecular and Optical Physics* (ИФ 1.913, ИФ 1,969)

Категорија М22

1 рад у *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics - Special issue on Frontiers of AMO Science with FELs and Synchrotron Radiation* (ИФ 1.917)
1 рад у *Radiation Physics and Chemistry* (ИФ 0.934)

Категорија М23

1 рад у *Topical Review - Molecular Physics and Chemical Physics. Eur. Phys. J. D* (ИФ 1.425)

Укупан импакт-фактор радова др Сање Тошић износи 45.549, а фактор утицаја радова у периоду након избора у претходно звање је 25.245. Научни ниво и значај резултата је исказан кроз чињеницу да су радови публиковани у реномираним часописима који представљају референтне часописе у области атомске, молекулске и хемијске физике.

Додатни библиометријски показатељи према Упутству о начину писања извештаја о изборима у звања које је усвојио Матични научни одбор за физику приказани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	25.245	56	7.452
Усредњено по чланку	3.156	7	0.931
Усредњено по аутору	2.596	5.89	1.44

3.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

Др Сања Тошић је након одбране докторске дисертације започела самосталан научни рад у оквиру Лабораторије за атомске сударне процесе Института за физику у Београду. Након боравка у CNR-ISM (Istituto di Struttura della Materia) у Риму, развила је и међународну сарадњу са истраживачком групом др Паоле Болоњези. Сарадња је реализована кроз учешће на неколико Beamline GASPHERE Elettra synchrotrone Trieste пројеката (#20135431 “Energy flow in halogenated pyrimidines studied by site- and state-selective fragmentation”; #20150216 “Investigation of the fragmentation mechanisms of nitroimidazole radio sensitizers”; #20160070 “Investigation of the radiation damage mechanisms of chemotherapeutically active nitro compounds”). Захваљујући овој сарадњи, Сања Тошић стиче експериментално искуство и покреће истраживачку тему Интеракција фотона са молекулима халогених анестетика. Била је главни истраживач на пројекту #20180158 “Investigation of the fragmentation mechanisms of halogenated anesthetics” (Beamline GASPHERE Elettra synchrotron Trieste). Резултат ове сарадње је 6 радова категорије M21, једно предавање по позиву (M32) и више саопштења на међународним конференцијама (M34).

Руководила је са српске стране заједничким пројектом у билатералној сарадњи са Италијом од посебног значаја - Research projects of particular relevance (Grande Rilevanza) selected within the frame of the executive programme of scientific and technological cooperation between Italian Republic and Republic of Serbia – Research area: Mathematics, Physics, Chemistry and Biology: “A nanoview of radiation-biomatter interaction” (2016 – 2018). Такође је у претходном периоду била ангажована на пројекту „Nanoscale insights in radiation damage“ (Grande Rilevanza 2014-2015) под руководством др Братислава Маринковића.

Као члан core групе COST акције CA18212 MD-GAS “Molecular Dynamics in the GAS phase” (2019-2023), активно учествује у њеном раду и активностима. Најважнији резултати сарадње која је остварена у оквиру ове акције, представљени су у прегледном раду “Roadmap on dynamics of molecules and clusters in the gas phase”, *Topical Review - Molecular Physics and Chemical Physics. Eur. Phys. J. D 75*, 152 (2021).

3.1.5. Награде

Сања Тошић је добитница награде *Проф. др Љубомир Ђирковић* за најбољи магистарски рад одбрањен на Физичком факултету 2006. године као и Студентске награде Института за физику 2007. године.

3.1.6. Елементи применљивости научних резултата

Генерално, истраживање процеса интеракције синхротронског зрачења са биомолекулима има фундаментални значај и пружа важне податке за истраживања, пре свега у биомедицини где се последњих година посебна пажња поклања проучавању радијационог оштећења живе материје у циљу проналажења нових ефикаснијих метода у лечењу неких тешких болести. Елементи примењивости конкретних научних резултата добијених у оквиру ове тематике постоје, посебно у примени радиотерапије и употребе радиосенситизера (потврђена разлика у делотворности изомера 4-нитроимидазола у односу на изомере истог молекула који се у медицини користи као радиосенситизер).

Резултати добијени у оквиру тематике расејања електрона на атомима метала представљају улазне податке за експертске програме EELS анализе и као такви значајни су елементи одговарајућих база података. EELS (Electron energy loss spectroscopy) техника се користи за одређивање атомске структуре и хемијских својстава узорка, укључујући тип и количину присутних атома, хемијско стање атома и ефекте који настају као последица интеракције атома са суседним атомима.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Сања Тошић је укључена у израду докторске дисертације Христине Делибашић Марковић („Теоријско-нумеричка метода за одређивање параметара јонизације и електронске концентрације у процесима интеракције импулског ласерског зрачења са материјалима биолошког порекла“, Природно математички факултет Крагујевац, Универзитет у Крагујевцу). Део добијених резултата презентован је у виду саопштења на међународној конференцији III Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA:

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*, BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, III Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA December 6 to 9, 2021, Palić, Serbia, p.50.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У периоду након претходног избора у звање Сања Тошић је објавила 8 радова, од којих се 2 рачунају са пуном тежином док је на 6 радова више од 7 аутора. Нормирање М бодова урађено је по правилнику а остварен и нормиран број М поена приказан је у табели у делу **4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата**. Укупан број М поена је 72.7, нормираних поена има 51.58 што је изнад захтеваног броја бодова за избор у звање виши научни сарадник.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Сања Тошић је била руководилац билатералног пројекта Republic of Serbia – Italy, 2016 – 2018: Research projects of particular relevance (Grande Rilevanza) selected within the frame of the executive programme of scientific and technological cooperation between Italian Republic and Republic of Serbia – Research area: Mathematics, Physics, Chemistry and Biology “A nanoview of radiation-biomatter interaction“.

Такође, била је главни истраживач на пројекту #20180158 “Investigation of the fragmentation mechanisms of halogenated anesthetics” (Beamline GASPHASE Elettra synchrotron Trieste).

На пројекту ОИ 171020 „Физика судара и фото процеса у атомским, (био)молекуларним и нано системима” руководила је задатком интеракција VUV зрачења са молекулом халотена на теми 3.1 истраживања интеракција синхротронског зрачења са (био)молекулима.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

- Члан Одељења Друштва физичара Србије за научна истраживања и високо образовање у Одсеку за атомску и молекулску физику.
- Члан Комисије за такмичења из физике ученика средњих школа (школске 2011/2012, 2012/2013).
- Члан научног комитета међународних научних конференција:
SPIG 2018 (<http://www.spig2018.ipb.ac.rs/committee.html>),
SPIG 2020 (<http://spig2020.ipb.ac.rs/committee.html>)
- Члан научног комитета 2nd general meeting of the COST Action CA18212 (https://mdgas.eu/single_event.php?post-slug=2nd-general-meeting-of-the-cost-action-ca18212)
- Члан core групе COST акције Molecular Dynamics in the GAS phase MD-GAS CA18212 (STSM и ИТС grants координатор). (https://mdgas.eu/core_group.php)
- Члан организационих комитета међународних научних конференција:
 - POSMOL 2019, XX International Workshop on Low-Energy Positron and Positronium Physics, XXI International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms 18 - 20 July 2019, Belgrade, Serbia.
 - COST Action CM1204 (XUV/X-ray light and fast ions for ultrafast chemistry) Working Group 2 Expert Meeting on Biomolecules, April 27-30, 2015, Fruška gora, Serbia.
 - 27th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases - SPIG 2014, 26 – 29 August 2012, Belgrade, Serbia.
 - 5th International Conference on Elementary Processes in Atomic Systems - CEPAS, 22-24 June 2011, Belgrade, Serbia.
 - 23rd Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases - SPIG 2006, 28 August - 1 September 2006, Kopaonik, Serbia.
- Уредник зборника радова са међународне конференције POSMOL 2019, XX International Workshop on Low-Energy Positron and Positronium Physics, XXI International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms 18 - 20 July 2019, Belgrade, Serbia. (http://posmol2019.ipb.ac.rs/_files/Book_POSMOL2019_Online.pdf)

3.6. Утицај научних резултата

Утицајност научних радова кандидаткиње је наведена у одељцима **3.1. Квалитет научних резултата**.

3.7. Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

За више детаља о доприносу кандидаткиње у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству погледати одељак **3.1.1. Научни ниво и значај научних резултата, утицај научних радова** и **3.1.4. Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству**.

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

- Sanja D. Tošić

Measurements of differential cross sections for elastic electron scattering and electronic excitation of silver and lead atoms

26th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases – SPIG 2012, 27-31 August 2012, Zrenjanin, Serbia

- S. Tošić, P. Bolognesi, L. Avaldi, R. Richter and B. P. Marinković

Fragmentation of halothane molecule by synchrotron radiation

The Workshop on X-ray Interaction with Biomolecules in Gas Phase (XiBiGP), 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases – SPIG 2016, August 29th-Sept 2nd 2016, Belgrade, Serbia.

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени М-бодови кандидата у периоду након претходног избора у звање

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирано М бодова
M21	8	6	48	33.43
M22	5	1	5	3.125
M23	3	1	3	0.357
M31	3.5	1	3.5	3.5
M32	1.5	1	1.5	1.5
M33	1	2	2	2
M34	0.5	16	8	5.97
M36	1.5	1	1.5	1.5
M64	0.2	1	0.2	0.2

Поређење оствареног броја М-бодова са минималним условима потребним за избор у звање виши научни сарадник:

Минималан број М бодова		Остварено	Остварено нормирано
Укупно	50	72.7	51.58
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	40	63	43.912
M11+M12+M21+M22+ M23	30	56	36.912

ЗАКЉУЧАК

На основу анализе научне активности и показатеља рада кандидаткиње комисија је закључила да научни рад др Сање Тошић представља оригиналан допринос у области атомске, молекулске и хемијске физике, а пре свега на применама техника моноенергијских електронских млазева и мерних техника које се користе на синхротронским постројењима. Посебно треба истаћи индивидуални допринос у експерименталном раду и успешну међународну сарадњу. Имајући у виду досадашњи научни рад и постигнуте резултате др Сање Тошић, као и достигнути ниво истраживачке компетентности и самосталности, сматрамо да др Сања Тошић испуњава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање виши научни сарадник прописане Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

На основу наведеног, предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Сање Тошић у звање виши научни сарадник.

Београд, 16.03.2022.

Чланови комисије:



др Ненад Симоновић
научни саветник
Институт за физику у Београду



др Владимир Срећковић
научни саветник
Институт за физику у Београду



др Братислав Маринковић
научни саветник у пензији
Институт за физику у Београду



проф. др Горан Попарић
редовни професор
Физички факултет
Универзитет у Београду