

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за реизбор др Зорана Распоповића у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 05.12.2023. године именовани смо у комисију за реизбор др Зорана Распоповића у звање виши научни сарадник.

Прегледом материјала који нам је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

1 БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Зоран Распоповић је рођен 18. Јануара 1964. год. у Сплиту (СФР Југославија), Хрватска.

Образовање:

основно-школско образовање (I-IV) – ОШ Владимир Илић Лењин у Београду,
основно-школско образовање (IV-VIII) – ОШ Бранко Радичевић у Београду,
средње-школско образовање – Математичка Гимназија, Београд,
диплома – Универзитет у Београду, Физички факултет (1989),
магистратура – Универзитет у Београду, Физички факултет (1995),
докторат – Универзитет у Београду, Физички факултет (1999).

Научна звања:

- Научни сарадник – Институт за физику, Универзитет у Београду (2000).
- Виши научни сарадник – Институт за физику, Универзитет у Београду (2006).
- Др Зоран Распоповић је изгубио научно звање виши научни сарадник због кашњења покретања реизбора у виши научни сарадник у односу на законски утврђен рок од 5 година што је констатовала комисија за изборе у звања Министарства просвете, науке и технолошког развоја на својој седници од 30. 01. 2013.
- Др Зоран Распоповић је стекао звање виши научни сарадник по одлуци Министарства просвете, науке и технолошког развоја од 25. 09. 2013. године, на основу резултата у претходних 10 година.
- Др Зоран Распоповић је реизабран у звање виши научни сарадник по одлуци Министарства просвете, науке и технолошког развоја од 24. 06. 2019. године.

Запослење:

Институт за физику у Београду, Универзитет у Београду (од 02.02.1990.)

Зоран Распоповић је рођен 18.01.1964. године у Сплиту. Основну школу „Владимир Илић Лењин“ на Новом Београду уписује 1971. После четири разреда прелази у основну школу „Бранко Радичевић“, такође на Новом Београду. Основну школу завршава као носилац Вукове дипломе, као и низа награда са републичких и савезних такмичења из математике и физике. По завршетку основне школе, 1987. године уписује „Математичку гимназију“ у Београду коју завршава 1982. године као носилац Вукове дипломе.

Природно-математички факултет у Београду, смер физика уписује 1982, године, али пре почетка студија одлази на одслужење војног рока. Након завршетка војног рока започиње студије.

На трећој години се опредељује за теоријски смер. Због високог просека и интересовања за науку на трећој години студија добија стипендију САНУ (Српске академије наука и уметности). Факултет је завршио 1989. године са просечном оценом 8.61 и са одбрањеним дипломским радом под називом „Осцилаторно понашање ћелијске мембране Нителе“, под руководством др Чедомира Рађеновића.

Након завршетка студија 1989. године, у септембру исте године се запошљава у тадашњој „11. београдској гимназији“ као професор физике. Након првог полугодишта из школе прелази у „Институт за физику“ у Земуну у групу др Мирјане Трипковић. Под руководством др Мирјане Трипковић и Иванке Холцлајтнер-Антуновић магистрира са темом „Нумеричко моделовање пражњења у индуктивно спрегнутој плазми на атмосферском притиску“ јуна 1995. године.

После магистратуре прелази у Лабораторију за гасну електронику где почиње да се бави изучавањем неравнотежних плазми и то пре свега у области ројева наелектрисаних честица и развоја Монте Карло симулација за транспорт наелектрисаних честица у неутралним гасовима. Монте Карло симулацијама су егзактно одређени по први пут у литератури транспортни коефицијенти у радио-фреквентним (рф) укрштеним електричним и магнетским пољима. Треба истаћи да су ово први резултати за транспортне коефицијенте добијени у условима укрштених радио-фреквентних електричних и магнетских поља који су касније потврђени решавањем Болцманове (Boltzmann) једначине на Џејмс Кук Универзитету (James Cook University) у Аустралији од стране др Р.Д. Вајта (R.D. White) и сарадника. Под руководством др Зорана Петровића је одбранио докторску дисертацију „Симулације неконзервативног транспорта електрона у промењивим $E \times B$ пољима“ новембра 1999. године.

Као професор физике Зоран Распоповић је радио у „Математичкој гимназији“ од 1994. до 2001. године.

У току 2003. године борави на стручном усавршавању у Јужној Кореји, на Универзитету у Похангу. У Ј. Кореји код професора Ј.К. Лија (J.K. Lee) је радио на развоју PIC (енгл. Particle in cell) кода, у правцу увођења смеше гасова, као и на развоју скупа ефикасних пресека за расејање негативних јона кисеоника, који су били неопходни за прорачуне.

Поред транспорта електрона у рф електричним и магнетским пољима, од 2006. године колега Распоповић почиње да се бави и транспортом негативних јона у гасовима. Он је један од аутора и руководиоца базе података за транспорт негативних јона у гасовима која је израђена у Лабораторији за гасну електронику.

Од 2006-2009 учествовао је на међународном пројекту FP6 IPB-CNP 026328: “Reinforcing Experimental Centre for Non-Equilibrium Studies With Application in Nano-Technologies, Etching of Integrated Circuits and Environmental Research”.

У периоду након последњег реизбора, др Зоран Распоповић је наставио да се бави нумеричким моделирањем транспорта позитивних и негативних јона Монте Карло техником. На овој истраживачкој теми је радио са др Жељком Никитовић и др Владимиром Стојановић са Института за физику у Београду и са др Јасмином Јовановић са Машинског Факултета, Универзитета у Београду.

Учествује на следећим пројектима:

- Пројекат 41011 : Примене нискотемпературних плазми у биомедицини, заштити човекове околине и нанотехнологијама.

- Пројекат 171037 : Фундаментални процеси и примене транспорта честица у неравнотежним плазмама, траповима и наноструктурама.

- Пројекат ИДЕЈЕ 7749560: EGWIn, Фонда за науку Републике Србије (Exploring ultra low global warming potential gases for insulation in high-voltage technology: Experiments and modelling). Руководилац: др Саша Дујко. Трајање: 2022-2024

Био је члан редакцијског одбора и рецензент за природне науке часописа “Српска наука данас” који издаје Задужбина Андрејевић, од 2015. године, а предложен од стране Института за физику у Београду.

Основна тема истраживања др Зорана Распоповића је моделовање неконзервативног транспорта наелектрисаних честица у неутралним гасовима у оквиру физике ројева и физике неравнотежне плазме. Др Зоран Распоповић је у свом досадашњем раду дао допринос у укупно 50 радова у међународним часописима са ISI листе. Од тога је 2 рада у M21a категорији (међународни часописи изузетних вредности), 23 рада у M21 категорији (врхунски међународни часописи), 9 радова у M22 категорији и 16 радова у категорији M23. Према подацима о цитираности аутора изведених из базе Web of Science 12. 11. 2023, радови чији је кандидат ко-аутор цитирани су 679 пута, од чега 535 пута без аутоцитата, а Хиршов фактор је 16.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научна активност пре изборног периода

На почетку каријере др Зоран Распоповић се у Институту за физику у Београду бавио моделовањем лучне и индуктивно спрегнуте плазме под руководством др Мирјане Трипковић. Након преласка у Лабораторију за гасну електронику којом је руководио др Зоран Љ. Петровић, колега Распоповић почиње да се бави изучавањем неравнотежних плазми и то пре свега у области ројева наелектрисаних честица и развоја Монте Карло симулација за транспорт наелектрисаних честица у неутралним гасовима. Под ројем наелектрисаних честица подразумевамо ансамбал наелектрисаних честица који се креће под утицајем спољашњег електричног и магнетног поља кроз макроскопски неутралан и просторно хомоген гас који се налази у стању термодинамичке равнотеже. Концентрација наелектрисаних честица је мала, што има за последицу: (1) могу се занемарити међусобне интеракције између наелектрисаних честица, (2) може се занемарити и ефекат роја на позадински гас, и (3) електрична поља индикована просторним наелектрисањем су занемарљива у поређењу са спољашњим електричним пољем. У физици плазме, овакав режим се често обележава као режим слободне дифузије, или сударни лимит. Теорија ројева омогућава одређивање сударних пресека/интеракционих потенцијала између наелектрисаних честица и атома/молекула неутралног гаса, као и транспортних параметара роја (средња енергија, брзина дрифта, дифузиони коефицијенти, ...) у зависности од јачине редукованог електричног и магнетног поља, који су неопходни као улазни подаци флуидних модела неравнотежне плазме.

У истраживачком раду др Зорана Распоповића могу се идентификовати следеће теме:

1. Прорачун равнотежног састава лучне плазме;
2. Моделовање индуктивно спрегнутог пражњења;
3. Транспорт и кинетички феномени ројева електрона у електричним пољима;
4. Развој Монте Карло симулација за транспорт наелектрисаних честица у временски променљивим електричним и магнетским пољима;
5. Развој база података за моделирање уређаја у процесирању плазмом интегрисаних кола;
6. Одређивање сударних пресека за интеракцију наелектрисаних честица са атомима/молекулама неутралног гаса;
7. Транспорт ројева јона у електричним пољима;
8. Одређивање просторно разложених транспортних параметара ројева.

2.1. Прорачун равнотежног састава лучне плазме

Као магистрант, др Зоран Распоповић је прорачунао равнотежни састав плазме, аргоним стабилизованог једносмерног лука, који гори на притиску од 1 бара. Процедура прорачуна, заснована на минимизацији Гибсове слободне енергије, примењена је у температурном опсегу 1000–9000 К, уз претпоставку стања локалне термодинамичке равнотеже. Добијени резултати су упоређени са експериментално утврђеним вредностима параметара плазме (температура,

електронска густина) и интензитета спектралних линија, узимајући у обзир локално термодинамичко стање равнотеже у овом извору лука.

Најважнији рад у овој области је

1. Equilibrium plasma composition in U-shaped d. c. argon stabilised arc
I. Holclajtner-Antunović, G. Malović, M. Tripković and **Z.M. Raspopović**
Journal Of Analytical Atomic Spectrometry, **11**, 325-330 (1996)

2.2. Моделовање индуктивно спрегнутог пражњења

Као магистрант, др Зоран Распоповић се у оквиру ове теме бавио систематским параметарским проучавањем локалне термодинамичке равнотеже математичког модела чисте индуктивно спрегнуте аргонске плазме (ИСПА). Овај флуидни модел се користи у спектрохемијске сврхе и изведен је помоћу компјутерских симулација. Др Зоран Распоповић је испитивао помоћу рачунарског програма HiFi просторну дистрибуцију температуре, брзине гаса, магнетног поља и губитака енергије у типичним условима рада плазме у функцији геометријских димензија и динамичких параметара ИСПА-а. Испитиван је и утицај додатог литијума на ИСПА карактеристике. Транспортни и термодинамички параметри литијума у температурном интервалу између 300 K и 13.000 K преузети су из литературе, док су у случају њиховог одсуства подаци процењени. Прорачунати су просторне дистрибуције температуре, брзине и електромагнетних поља за аргонску плазму уз присуство различитих количина литијума до 30%. На основу израчунатог температурног поља и равнотежног састава плазме одређена је просторна расподела електронске густине. Утврђено је да додаток литијума значајно утиче на просторне дистрибуције свих анализираних параметара плазме при концентрацијама литијума већим од 1%. Опажено је да електронска густина показује највећу осетљивост од свих анализираних параметара у присуству литијума. Ови теоријски прорачуни се могу користити за предвиђање својстава примењене плазме у току практичног рада, за избор оптималних услова променом радних параметара и за интерпретацију постојећих аналитичких резултата.

Најважнији радови у овој области су:

1. The parametric analysis of the inductively coupled plasma
I. Holclajtner-Antunović, **Z.M. Raspopović**, V. Georgijević and M. Tripković
Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, **356**, 471–475 (1996)
2. Computer Simulation of Added Li Influence on the ICP Properties
I. Holclajtner-Antunović, **Z.M. Raspopović**, V. Georgijević and M. Tripković
Plasma Chemistry and Plasma Processing, **17**, 331–352, (1997)

2.3. Транспорт и кинетички феномени ројева електрона у електричним пољима

Значајно место у истраживању др Зоран Распоповића заузимао је ефекат негативне мобилности електрона у смешама аргона и јако електронегативних гасова, као и проучавања повезана са ефектима супереластичних судара на временске профиле транспортних коефицијената.

Др Зоран Распоповић је проучавао различите ефекте побуђених молекула на параметре роја, функције расподеле енергије електрона и моделирање гасног пражњења. Предложен је експеримент у параводонику да би се решила неслагања у подацима пресека за вибрациону ексцитацију молекула водоника. Негативна диференцијална проводност је кинетички феномен који се манифестује као опадање брзине дрефта са порастом јачине редукованог електричног поља и на њу утичу супереластични судари са побуђеним стањима. Такође је описана комплетна кинетичка шема за аргон која је потребна за моделовање густине побуђених стања у гасним пражњењима.

Бројна недавна теоријска истраживања кретања електрона у неутралним гасовима показују могућност стабилне ситуације у којој се електрична струја супротставља примењеном пољу. Овај

феномен, који је назван „негативна апсолутна покретљивост електрона“, имплицира Џулов ефекат хлађења и повезану негативну производњу ентропије, сугерирајући, на први поглед, могуће кршење другог закона термодинамике. Др Зоран Распоповић и сарадници су показали да производња ентропије има у ствари две компоненте, очекивани негативни допринос услед „Џуловог хлађења“ и додатни позитивни део који произилази из „загревање захватом електрона“. Укупна производња ентропије је позитивна, у складу са другим законом, а то има практичну импликацију да мерљива („балк“) брзина дрефта електрона увек мора бити позитивна, иако средња („флукс“) брзина може бити негативна. Феномен је разматран у смешама аргона и флуора, користећи Монте Карло симулацију и теорију преноса импулса да би се истакла разлика између балк и флукс транспортних коефицијената.

Најважнији радови у овој области су:

1. Negative absolute electron mobility, Joule cooling, and the second law
R. E. Robson, Z. Lj. Petrović, **Z. M. Raspopović**, D. Loffhagen
J.Chem. Phys. **119**, 11249-11252 (2003)
2. Influence of Excited Molecules on Electron Swarm Transport Coefficients and Gas Discharge Kinetics
Z.Lj. Petrović; S. B. Vrhovac; J. V. Jovanović; **Z. M. Raspopović**; S. A. Bzenić
Australian Journal of Physics **50**(3) 591 – 613 (1997)
3. On the possibility of negative electron mobility in a decaying plasma
N.A.Dyatko, A.P.Napartovič, S.Sakadžić, Z.Lj.Petrović and **Z.M. Raspopović**
J.Phys.D **33**, 375-380, (2000)
4. Negative mobilities of electrons in radio frequency fields
S. Dujko, **Z.M. Raspopović**, Z.Lj. Petrović and T. Makabe
IEEE Trans. Plasma Sci. PS 31, 711-716, (2003)

2.4. Развој Монте Карло симулација за транспорт наелектрисаних честица у временски променљивим електричним и магнетским пољима

У случају временски променљивих поља, др Зоран Распоповић је показао да традиционалан опис понашања транспортних коефицијената ројева електрона, базиран на поређењу фреквенција за релаксацију импулса и енергије роја електрона са фреквенцијом поља није адекватан. Приказао је да се кинетички феномени временски разложене негативне диференцијалне проводности и аномалног анизотропног понашања лонгитудиналног дифузионог коефицијента не могу анализирати коришћењем резултата који су добијени у условима временски статичких поља. Временска нелокалност транспорта електрона је идентификована као кључни механизам за појаву ових кинетичких феномена. Распоповић је први опазио феномен транзијентне негативне дифузивности електрона у рф пољима како у моделним тако и у реалном гасовима.

Извршени су референтни прорачуни за транспортне коефицијенте електрона са циљем да се произведе скуп података потребних за верификацију кодова који се користе у моделовању плазме. Показано је да компјутерски код за временско разложену Монте Карло симулацију правилно представља транспортне коефицијенте у константном електричном пољу, у укрштеним електричним и магнетним пољима, и у присуству неконзервативних судара, јонизације и захвата електрона. Поред тога, предложени су тестови временски зависних нумеричких решења Болцманове једначине. Показано је да релаксација транспортних коефицијента може послужити као прецизан тест компјутерских кодова који се користе за прорачун улазних података флуидних модела неравнотежне плазме. На крају, предложена је примена резултата квази-стационарног стања у рф пољима. Као пример, предложен је прорачун компоненти тензора дифузије са посебним акцентом

на аномално понашање лонгитудиналне компоненте и прорачуне у присуству неконзервативних судара (јонизација у овом случају). Током ове активности, проверена је валидност апроксимативних формула за одређивање брзине дрифта на основу укупне фреквенције судара и за одређивање коефицијента дифузије коришћењем Ајнштајнових релација. Разматрани су и други тестови потребни за верификацију прорачуна транспортних података. Треба истаћи да су ово први резултати за транспортне коефицијенте добијени у условима укрштених радио-фреквентних електричних и магнетских поља који су касније потврђени на основу нумеричких решења Болцманове једначине добијених на Џејмс Кук Универзитету (James Cook University) у Аустралији од стране др Роналда Вајта (Ronald D. White) и сарадника.

Најважнији радови у овој области су:

1. Benchmark Calculations for Monte Carlo simulations of Electron Transport
Z.M. Raspopović, S.Sakadžić, S.A. Bzenić and Z.Lj. Petrović,
IEEE Trans. Plasma Sci. **27**, p1241-1248, (1999).
2. Diffusion of electrons in time-dependent $E(t) \times B(t)$ fields
Z.M. Raspopović, S.Sakadžić, Z.Lj.Petrović and T.Makabe
J. Phys. D: Appl. Phys. **33**, 1298-1302, (2000)
3. Kinetic Phenomena in Electron Transport in Radio Frequency Fields
Z.Lj. Petrović, Z.M. Raspopović, S. Dujko and T. Makabe
Appl. Surf. Sci. **192**, 1-25, (2002)
4. Transport coefficients for electrons in argon in crossed electric and magnetic rf fields
Z M Raspopović, S Dujko, T Makabe and Z Lj Petrović
Plasma Sources Sci. Technol. **14**, 293-300, (2005)
5. On the existence of transiently negative diffusion coefficients for electrons in gases in ExB fields
R.D. White, S. Dujko, K.F. Ness, R.E. Robson, **Z.M. Raspopović** and Z.Lj. Petrović,
J. Phys. D: Appl. Phys. **41**, 025206-025213, (2008)

2.5. Развој база података за моделирање уређаја у процесирању плазмом интегрисаних кола

У раду на овој теми прикупљани су подаци о сударним пресецима за расејање јона и транспортним коефицијентима на основу којих је формирана база података за моделе неравнотежних плазми које се користе у технолошким процесима производње интегрисаних кола, укључујући нагазирање плазмом, чишћење и распршивање материјала и процесе таложења на полупроводничким узорцима. Скупови сударних пресека су развијени и тестирани коришћењем технике ројева наелектрисаних честица.

Најважнији радови у овој области су:

1. Data Bases for Modeling Plasma Devices for Processing of Integrated Circuits
Ž. Nikitović, O. Šašić, Z.Lj. Petrović, G. Malović, A. Strinić, S. Dujko, **Z.M. Raspopović** and M. Radmilović-Radenović
Materials Sci. Forum 453-454, 15-20, (2004)
2. Data and modeling of negative ion transport in gases of interest for production of integrated circuits and nanotechnologies
Z. Lj. Petrović, **Z. M. Raspopović**, V. D. Stojanović, J. V. Jovanović, G. Malović, T. Makabe and J. de Urquijo
Applied Surface Science, **253**, 6619-6640, (2007)

2.6. Одређивање сударних пресека за интеракцију наелектрисаних честица са атомима/молекулима неутралног гаса

У базама података су могу пронаћи измерени или прорачунати пресеци за велики број различитих интеракција јона и молекула, али комплетних скупова пресека из којих се могу одредити сви транспортни параметри је јако мало. Др Зоран Распоповић, заједно са др Жељком Никитовић и др Владимиром Стојановићем, развио је модел који омогућује добијање комплетних скупова пресека. Основни проблеми при одређивању комплетног скупа пресека, који описују интеракцију јона (A^+) и молекула (M): $A^+ + M$ је да ли при њиховој интеракцији настаје побуђени комплекс $(AM^+)^*$, или долази до размене наелектрисања између јона и молекула при чему настаје побуђени молекуларни јон $(M^+)^*$. Побуђени наелектрисани комплекс или побуђени јонизован молекул имају своје време живота, након кога се, како су Распоповић и сарадници претпоставили, распадају сходно статистичкој теорији. За велике молекуле као што је DXE енергијски прагови се могу одредити на основу енталпија, али за молекуле мањих димензија као што је CF_4 ови прагови су померени на основу интерних стања побуђеног $(CF_4^+)^*$ комплекса. На малим енергијама, тотални пресек за трансфер импулса је одређен из поларизабилности молекула. За одређивање комплетног скупа пресека од велике важности је облик пресека за настајање комплекса. Он се углавном користи са фреквенцијом судара која не зависи од енергије и израчунава се из средњег живота комплекса, мада бројна мерења овог пресека указују да оштро опадају са порастом енергије. У случају да им је време живота кратко, пресеци за настанак комплекса се повећавају са порастом притиска услед стабилизације тројним сударима. Ово опадање пресека за настанак комплекса са енергијом има за последицу да брзи јони са фронта роја слабије образују комплекс, померајући центар роја унапред, правећи значајне разлике између балк и флуks вредности транспортних коефицијената. Ова чињеница је од посебне важности имајући у виду да се у експериментима одређују балк вредности транспортних коефицијената, а са друге стране за неке аспекте у моделовању плазме неопходне су флуks вредности транспортних коефицијената. Ако поред настанка комплекса, постоје и егзотермне реакције, на термалним енергијама драстично се мењају транспортне особине ових јона (балк транспортни коефицијенти могу драстично одступати од флуks вредности). Током ове активности, по први пут је у литератури приказано одређивање транспортних параметара јона у индукованом поларизационом потенцијалу у присуству егзотермних реакција асоцијације и реакција промене идентитета јона.

Најважнији радови у овој области су:

1. Modelling elastic momentum transfer cross-sections from mobility data,
Ž. D. Nikitović, V. D. Stojanović, **Z. M. Raspopović**
Europhys. Lett. **114**, 25001 (2016),
2. Cross sections and transport of O^- in H_2O vapour at low pressures
V. Stojanović, **Z.M. Raspopović**, D. Marić, and Z. Petrović
Eur. Phys. J. D **69**, 63 (2015)
3. Effect of exothermic reactions on the mobility of Ar^+ in CF_4 ,
Z.M. Raspopović, V. Stojanović, Ž. Nikitović
Europhys. Lett., **111**, 45001 (2015)

2.7. Транспорт ројева јона у електричним пољима

Познавањем комплетног скупа ефикасних пресека за интеракцију између јона и честице неутралног гаса, могуће је израчунати просторно разложене транспортне параметре роја јона који дрифтују и дифундује кроз гас под дејством хомогеног електричног поља. Прорачуни су уређени

помоћу компјутерског кода, који је развијан у Лабораторији за гасну електронику од стране др Зорана Ристивојевића, док је др Зоран Распоповић имплементирао у постојећи код, могућност праћења јона у смеси гасова. Транспортни параметри јона, као што су средња енергија, брзина дрифта, брзински коефицијенти за реакције и дифузни тензор у функцији редукованог електричног поља, су неопходни као улазни параметри флуидних модела неравнотежне плазме. Ови транспортни параметри су израчунати у Монте Карло симулацијама и проучавани су њихови трендови понашања у функцији примењеног електричног поља. Разматран је транспорт позитивних и негативних јона, а посебан акценат је стављен на експлицитне ефекте неконзервативних судара на транспортне особине јона.

Најважнији радови у овој области су:

1. Reduced mobility of He^+ in CF_4
Ž. D. Nikitović, **Z. M. Raspopović** and V. D. Stojanović
Plasma Sources Sci. Technol. **26**, 044004 (2017)
2. Comparison between transport parameters for K^+ and Li^+ in 1,2-dimethoxy ethane (DXE)
Ž. Nikitović, M. Gilić, **Z.M. Raspopović**, and V. Stojanović
Europhys. Lett. **116**, 15002 (2016)
3. Transport parameters of F^- ions in Ar/BF_3 mixtures
Ž. Nikitović, **Z.M. Raspopović**, V. Stojanović, and J. Jovanović
Europhys. Lett. **108** (2014) 35004
4. Transport of F^- ions in F_2
V. Stojanović, **Z.M. Raspopović**, J. Jovanović, Z. Nikitović and Z. Lj. Petrović
Europhys. Lett. **101** (2013) 45003

2.8. Одређивање просторно разложених транспортних параметара ројева

Др Зоран Распоповић је имплементирао у постојећи Монте Карло код праћење просторно и временски разложених параметара роја. На основу тих прорачуна одређена су транзијентна и стабилна стања профила просторно разложених транспортних карактеристика роја електрона у условима сличним традиционалном експерименту са временом лета (енгл. Time-of-flight).

Проучаван је рој електрона који се распада при ниском електричном пољу у смеси 99,5% аргона и 0,5% F_2 . Опажено је да због израженог Рамзауер-Таунзендовог минимума у пресеку за еластично расејање електрона на аргону и снажног захвата на термалним енергијама молекула флуора долази до обртања нагиба просторно-разложене средње кинетичке енергије роја електрона.

Израчунате су и просторне-разложене структуре у профилима средње енергије и средње брзине за модел јонизације који су предложили Лукас и Сили (енгл. Lucas and Salee). Показано је да: (1) просторни профили густине и расподеле енергије показују осцилаторно понашање сличног физичког порекла као Франк-Херц осцилације; (2) у раној фази развоја роја, високоенергетски електрони су локализовани на предњој ивици просторног профила, док су касније груписани скоро подједнако дуж различитих просторних положаја; (3) током времена, осцилаторне карактеристике се значајно смањују због активне улоге еластичних судара који имају тенденцију да пригуше осцилаторно понашање; (4) просторни профили густине роја релаксирају у Гаусов профил након довољно времена. Утврђено је и да са повећањем степена јонизације осцилаторне карактеристике у профилима значајно опадају и да средња енергија опада посебно на предњој ивици роја.

Времена релаксације за различите процесе су такође упоређена. Осцилаторне карактеристике просторних профила нестају након приближно $20t_R$, где t_R представља време за које су транспортни параметри (средња енергија, брзина дрифта,...) потпуно релаксирани у своја стационарна стања.

Међутим, чак и под овим условима, рој није потпуно релаксирао у простору. Утврђено је да се потпуна просторна релаксација постиже у условима када су дифузиони токови услед градијената у густини електрона много мањи од одговарајућег дрефта због деловања електричног поља. Само под овим условима, рој је потпуно релаксиран у простору, а локалне брзине на предњој и задњој ивици роја остају непромењене током времена.

Најважнији радови у овој области су:

1. Spatial Profiles of Electron Swarm Properties and Explanation of Negative Mobility of Electrons
Milovan Suvakov, **Zoran Ristivojević**, Zoran Lj. Petrović
IEEE Trans. Plasma Sci. **33** (2) (2005)
2. Spatiotemporal characteristics of charged particle swarms in orthogonal electric and magnetic fields
Z.M. Raspopović, S. Dujko, R.D. White and Z.Lj. Petrović
IEEE Trans. Plasma Sci. **39**, 2566 (2011)
3. Monte Carlo analysis of ionization effects on spatiotemporal electron swarm development
S. Dujko, **Z.M. Raspopović**, R.D. White, T. Makabe, Z.Lj. Petrović
Eur. Phys. J. D **68**: 166 (2014)

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања, др Зоран Распоповић је објавио 10 радова у часописима са ISI листе. Од тога су 3 рада из подцелине 6: “Одређивање сударних пресека за интеракцију наелектрисаних честица са атомима/молекулима неутралног гаса”, 6 радова из подцелине 7: “Транспорт ројева јона у електричним пољима” и 1 рад из подцелине 8: “Одређивање просторно разложених транспортних параметара ројева”.

2.6. Одређивање сударних пресека за интеракцију наелектрисаних честица са атомима/молекулима неутралног гаса

1. A set of cross sections and transport coefficients for CF_3^+ ions in CF_4
J.V. Jovanović, V.D. Stojanović, **Z.M. Raspopović**, J. De Urquijo and Z.Lj. Petrović
Plasma Sources Science and Technology, **28** (4), 045006 (2019)
doi: 10.1088/1361-6595/ab122f, ISSN 0963-0252, IF= 3.928, СНИП = 1.65, **M21a**

У овом раду, најважнији циљ је био да се утврди кинетика реактивне плазме у контексту производње интегрисаних кола. Значајна реактивност ових плазми заснива се како на неутралним тако и на јонским облицима CF_4 радикала (F, F_2 , C, CF, CF_2 и CF_3). Од свих производа реактивне дисоцијације, јони су најважније компоненте из чисте CF_4 плазме и њених мешавина са другим процесним гасовима (Ar, N_2 , O_2 , итд.). Један од првих корака у опису кинетике реактивне плазме је одређивање кинетике CF_3^+ јона у CF_4 гасу. Комплетан и самоусаглашен скуп пресека за интеракцију CF_3^+ јона са CF_4 атомом је развијен коришћењем расположивих експерименталних и теоријских података применом методе ројева. Одређен је непознати пресек за еластичне сударе, који у комбинацији са пресецима за реактивне сударне процесе омогућује добро слагање између теоријско израчунатих и експериментално одређених података за мобилност јона. Својства транспорта јона CF_3^+ у гасу CF_4 у временски константном и просторно хомогеном електричном пољу израчуната су на температури гаса $T = 300$ K, у функцији редукованог електричног поља. Поред комплетног скупа пресека за расејање CF_3^+ јона на гасним молекулима CF_4 , у раду су дискутовани трендови понашања средње енергије, мобилности, дифузионих коефицијената и брзинских коефицијената за реакције.

2. Rate Coefficients for H^+ Ions in n-Butanol Gas
Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**,
Science of Sintering **54**, pp. 169-176, (2022)
doi.org/10.2298/SOS2202169N, ISSN 0350-820X, IF= 1.725, СНИП = 0.91, **M22**

3. Cross section sets and transport parameters for Ar^+ ions in CF_4 gas
Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**
Science of Sintering (u stampi) (2023)
doi: 10.2298/SOS230326038N, ISSN 0350-820X, IF=1.5 СНИП = 0.91, **M22**

Др Зоран Распоповић, заједно са др Жељком Никитовић и др Владимиром Стојановићем, је развијао модел који омогућава добијање комплетаног скупа пресека за расејање јона и честица неутралног гаса. На основу тога модела у овим радовима су прорачунати комплетни скупови пресека за расејања: $H^+ + C_4H_9OH$ и $Ar^+ + CF_4$ на енергијама мањим од 1000 eV.

н-Бутанол (C_4H_9OH) је важна је хемијска сировина која се користи за производњу растварача, полимера и пластике. Међутим, недавно интересовање за н-бутанол је углавном резултат његове примене као биогорива за употребу у моторима, као алтернатива конвенционалним бензинским и дизел горивима. Монте Карло техника је коришћена за прорачуне средње енергије, брзине дрефта, редуковане мобилности и посебно брзинских коефицијената за реакције у функцији редукованог електричног поља.

У случају $Ar^+ + CF_4$, у већ раније приказаном скупу пресека у раду Z.M. Raspopović, V. Stojanović, Ž. Nikitović, Effect of exothermic reactions on the mobility of Ar^+ in CF_4 , Europhys. Lett., 111, 45001 (2015), уведени су у скуп и пресеци за ротационе, вибрационе и електронске ексцитације. Затим су израчунати транспортни коефицијенти јона, који су упоређени са коефицијентима добијеним из прорачуна са претходним скупом пресека.

2.7. Транспорт ројева јона у електричним пољима

1. Cross sections set and transport coefficients for Ar^+ in Ar/CF_4 mixtures
Ž.D. Nikitović, **Z.M. Raspopović** and V.D. Stojanović
European Physical Journal D, **72**, Article number: 168 (2018)
doi: 10.1140/epjd/e2018-90059-1, ISSN 1434-6060, IF= 1.223, СНИП = 0.70, **M23**

2. Rate Coefficients of Ar^+ Ions in Ar/CF_4 Mixtures
Ž.D. Nikitović, V.D. Stojanović and **Z.M. Raspopović**
Acta Phys. Polonica A, **134** br. 6, str. 1134-1136 (2018)
doi: 10.12693/aphyspola.134.1134, ISSN 0587-4246, IF= 0.532, СНИП = 1.06, **M23**

3. Reduced mobility of Ar^+ in Ar/BF_3 mixtures
Ž.D. Nikitović, **Z.M. Raspopović**, V.D. Stojanović
Europhysics Letters, **128**, (1), 1500 (2019)
doi: 10.1209/0295-5075/128/15001, ISSN 0295-5075, IF = 1.897, СНИП = 0.78, **M22**

4. Rate coefficients for Ar^+ in Ar/BF_3 mixtures
Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**
The European Physical Journal D, **75**, 118 (2021)
doi: 10.1140/epjd/s10053-021-00061-3, ISSN 1434-6060, IF= 1.376, СНИП = 0.64, **M23**

5. Transport coefficients for He plus ions in mixtures He/CF₄: modeling laboratory and astrophysical plasmas

Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**

Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, **52** br. 3, str. 78-89 (2022)

doi: 10.31577/caosp.2022.52.3.78, ISSN 1335-1842, IF=0.4, СНИП = 0.23, **M23**

6. Characteristic energy and reduced mobility for Ne⁺ ions in CF₄ gas

Ž.D. Nikitović; **Z.M. Raspopović**

Science of Sintering (u stampi) (2023)

doi: 10.2298/sos220620021n, ISSN 0350-820X, IF=1.5, СНИП = 0.91, **M22**

У овим радовима, интеракција јона са гасним атомима/молекулима позадинског гаса је описана комплетним и самоусаглашеним скуповима пресека за расејање. Скупови пресека су развијени методом ројева и публиковани у претходним радовима, као у случајевима: Ar⁺ + CF₄, Ar⁺ + BF₃, He⁺ + CF₄ и Ne⁺ + CF₄, или су узети из литературе: Ar⁺ + Ar и He⁺ + He. Ови скупови пресека су коришћени као улазни подаци за Монте Карло симулације транспорта јона, на основу којих су добијени транспортни коефицијенти: средња енергија, брзина дрифта, брзински коефицијенти за реакције и дифузни тензор у функцији редукованог електричног поља.

Посебна пажња је посвећена проучавању експлицитног утицаја неконзервативних судара на транспорт јона и раздвајање флуks и балк вредности транспортних коефицијената. Неконзервативни судари су присутни при сударима Ar⁺, He⁺ и Ne⁺ са молекулом CF₄, као и при сударима Ar⁺ са молекулом BF₃.

Услед интезивне егзотермне реакције јона Ar⁺ са молекулом CF₄, у коме настаје јон CF₃⁺, долази до значајних одступања између флуks и балк вредности транспортних коефицијената. Опажено је да порастом концентрације Ar у смеси, где нема реактивних судара са јонима Ar⁺ на разматраним енергијама, долази до све мање разлике између флуks и балк вредности транспортних коефицијената. Разлике нестају при концентрацији Ar у смеси од 60%. Уочено је, да се са додатком од неколико процената Ar у смешу са BF₃, долази до поклапања флуks и балк вредности редуковане покретљивости.

2.8. Одређивање просторно разложених транспортних параметара ројева

1. **Z.M. Raspopović**, Space-resolved average kinetic energy of ion swarms in a uniform electric field, *Phys. Rev. E* **108**, 053202 (2023), doi: 10.1103/PhysRevE.108.L053202, ISSN 2470-0045, IF=2.3, SNIP=0.91. **M21**

У овом раду, разматрана је просторно-временска еволуција неинтерагујућих наелектрисаних честица у неограниченом гасу, изложен ниском, временски константном и просторно хомогеном електричном пољу. Опажено је да разлика у електричном потенцијалу између предње и задње ивице роја доводи до тога да средња кинетичка енергија јона у простору постаје линеарно растућа функција просторне координате која дефинише правац електричног поља. У овом раду је анализирано да ли средња кинетичка енергија јона на предњој ивици достиже стационарну вредност током просторно-временске еволуције роја, како се до скора веровало. Када средња кинетичка енергија роја достигне вредност у стационарном стању, што указује на успостављање енергетског баланса током времена, енергијски добици (од поља) и губици (због судара) нису подједнако распоређени у простору. Локални биланс снаге је негативан на предњем делу роја и позитиван на

задњем. Хлађење јона на предњој страни и загревање јона на задњој резултира смањењем средње кинетичке енергије јона на предњој страни и повећањем на задњој ивици. Стога се може закључити да стационарне вредности средње кинетичке енергије јона не постоје на предњој и задњој ивици током еволуције. Уместо тога, они теже да се приближе средњој кинетичкој енергији роја како време тежи бесконачности. Овај рад, др Зоран Распоповић је објавио самостално у престижном часопису *Physical Review E*, који издаје Америчко друштво физичара.

3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Др Зоран Распоповић је у свом досадашњем раду дао допринос у укупно 50 радова у међународним часописима са ISI листе. Од тога је 2 у M21a категорији (међународни часописи изузетних вредности), 23 у M21 категорији (врхунски међународни часописи), 9 у M22 категорији и 16 у категорији M23.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање претходног научног звања, др Зоран Распоповић је објавио 10 радова у часописима са ISI листе. Од тога је 1 у M21a категорији, 1 у M21 категорији, 4 у M22 категорији и 4 у M23 категорији.

Списак пет најзначајнијих радова кандидата из изборног периода су:

1. **Z. M. Raspopović**, Space-resolved average kinetic energy of ion swarms in a uniform electric field, *Phys. Rev. E* **108**, L053202 (2023), M21
DOI: [10.1103/physreve.108.l053202](https://doi.org/10.1103/physreve.108.l053202)
2. J.V. Jovanović, V.D. Stojanović, **Z.M. Raspopović**, De Urquijo Jaime, Petrović Zoran Lj, A set of cross sections and transport coefficients for CF_3^+ ions in CF_4 , *Plasma Sources Science and Technology*, **28** (4), 045006 (2019), M21a
DOI: [10.1088/1361-6595/ab122f](https://doi.org/10.1088/1361-6595/ab122f)
3. Ž.D. Nikitović, **Z.M. Raspopović** and V.D. Stojanović, Reduced mobility of Ar^+ in Ar/BF_3 mixtures, *Europhysics Letters*, **128**, (1), 1500 (2019), M22
DOI: [10.1209/0295-5075/128/15001](https://doi.org/10.1209/0295-5075/128/15001)
4. Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**, Rate Coefficients for H^+ Ions in n-Butanol Gas, *Science of Sintering*, **54**, pp. 169-176, (2022), M22
DOI: [10.2298/sos2202169n](https://doi.org/10.2298/sos2202169n)
5. Ž.D. Nikitović, **Z.M. Raspopović** and V.D. Stojanović, Cross sections set and transport coefficients for Ar^+ in Ar/CF_4 mixtures, *European Physical Journal D*, **72**, Article number: 168 (2018), M23
DOI: [10.1140/epjd/e2018-90059-1](https://doi.org/10.1140/epjd/e2018-90059-1)

У првом раду, др Распоповић је разматрао просторно-временску еволуцију Li^+ јона у криптону у присуству просторно хомогеног електричног поља. За опис интеракције коришћен је модел константне колизионе учестаности. На основу Монте Карло симулација, опажено је да у финалном стадијуму просторне релаксације нестаје нагиб средње енергије роја Li^+ јона дуж правца који

дефинише правац електричног поља. Ово је самосталан рад др Распоповића, а то значи да је он самостално формулисао тему истраживања, изабрао методологију, извршио све неопходне симулације и пратеће нумеричке прорачуне, графички обрадио и тумачио резултате које је добио. Након тога је самостално написао рад и комуницирао са рецензентима. Ово показује значајан степен истраживачке компетентности и самосталности др Зорана Распоповића.

У другом раду, циљ је био да се утврди кинетика реактивне CF_4 плазме. Значајна реактивност ових плазми заснива се на неутралним и јонским радикалима CF_4 молекула (F , F_2 , C , CF , CF_2 и CF_3). Комплетан и самоусаглашен скуп пресека за интеракцију CF_3^+ јона са CF_4 молекулом је развијен коришћењем расположивих експерименталних и теоријских података применом методе ројева. Др Распоповић је извршавао Монте Карло симулације и анализирао транспортне особине јона CF_3^+ у гасу CF_4 у временски константном и просторно хомогеном електричном пољу на температури гаса $T = 300 \text{ K}$, у функцији редукованог електричног поља. Поред комплетног скупа пресека за расејање CF_3^+ јона на гасним молекулима CF_4 , у раду су дискутовани трендови понашања средње енергије, мобилности, дифузионих коефицијената и брзинских коефицијената за реакције.

У трећем раду разматран је транспорт Ar^+ јона у смешама Ar/BF_3 . Др Распоповић је учествовао у одређивању скупа пресека за расејање јона. Био је одговоран за Монте Карло симулације транспорта јона, на основу којих је израчунао и презентирао транспортне коефицијенте у функцији редукованог електричног поља. У овом раду су разматрани и дискутовани експлицитни ефекти неконзервативних судара на транспорт јона. Кандидат је заједно са оба аутора учествовао у дискусијама, писању рада и кореспонденцији са уредницима часописима.

У четвртом раду приказани су пресеци за расејање нискоенергијских јона и транспортна својства за H^+ јоне у гасу н-бутанола ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$). Скуп пресека за расејање H^+ јона на гасним молекулима бутанола је одређен проширењем Денпо-Нанбу (енгл. Denpo-Nambu) методе. Др Зоран Распоповић је учествовао у одређивању скупа пресека за расејање јона. Користио је Монте Карло технику за прорачуне средње енергије, брзине дрифта, редуковане мобилности и посебно брзинских коефицијената за реакције у функцији редукованог електричног поља. Учествовао у дискусијама, писању рада и кореспонденцији са уредницима часописа.

У петом раду представљен је скуп пресека за расејање Ar^+ јона у смешама Ar/CF_4 где се бирају и екстраполирају постојећи експериментално добијени подаци. Др Зоран Распоповић је Монте Карло симулацијама израчунао транспортне коефицијенте у хидродинамичким условима. Услед интензивне егзотермне реакције јона Ar^+ са молекулом CF_4 , у коме настаје јон CF_3^+ , долази до значајних одступања између флукс и балк вредности транспортних коефицијената. Др Зоран Распоповић је учествовао у тумачењу и обради добијених резултата, као и у писању рада.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према подацима о цитираности аутора преузетим из базе *Web of Science* 12. 11. 2023, радови чији је кандидат ко-аутор цитирани су 679 пута, од чега 535 пута без аутоцитата, а Хиршов фактор је 16.

3.1.3 Параметри квалитета радова и часописа

Битан елемент за процену квалитета научних резултата је и квалитет часописа у којима су радови објављени, односно њихов импакт фактор – ИФ. У категорији M21a, M21, M22 и M23 кандидат је објавио радове у следећим часописима, где су подвучени ИФ оних часописа у којима је кандидат објављивао у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања:

1 рад у *Physical Review E* (ИФ = 2.3)

3 рада у *Plasma Sources Sci. Technol.* (1 рад са ИФ = 2.346, 1 рад са ИФ = 3.302 и 1 рад ИФ = 3.928)

7 радова у *Europhysics Letters* (2 рада ИФ=2.1, , 2 рад ИФ=1.93, 1 рад ИФ =2.75, 1 рад ИФ=2.02 и 1 рад у ИФ = 1.9)

- 4 рада у *Science of Sintering* (1 рад ИФ = 0.781, 1 рад ИФ = 1.725 и 2 рада ИФ = 1.5)
- 7 радова у *Acta Phys. Polonica A* (3 рада ИФ = 0.604, 2 рад ИФ = 0.530, 1 рад ИФ = 0.467 и 1 рад ИФ = 0.532)
- 6 радова у *The European Physical Journal D* (1 рад: ИФ=1.288, ИФ=1.3981, ИФ = 1.398, ИФ = 1.828, ИФ = 1.376 и ИФ = 1.223)
- 1 рад у *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* (ИФ = 0.4)
- 1 рад у *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* (ИФ = 3.595)
- 1 рад у *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* (ИФ = 1.398)
- 1 рад у *Australian Journal of Physics* (ИФ = 0.718)
- 1 рад у *Plasma Chemistry and Plasma Processing* (ИФ = 1.154)
- 1 рад у *Japanese Journal of Applied Physics* (ИФ = 1.411)
- 4 рада у *Journal of Physics D: Applied Physics* (2 рада ИФ = 1.179, 1 рад са ИФ = 2.077 и 1 рад ИФ = 2.200)
- 2 рада у *Applied Surface Science* (1 рад ИФ = 1.295 и 1 рад ИФ = 1.576)
- 1 рад у *The Journal of Chemical Physics* (ИФ = 3.105)
- 1 рад у *Materials Science Forum* (ИФ = 0.498)
- 2 рада у *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B* (2 рада ИФ = 1.324)
- 5 радова у *IEEE Transactions on Plasma Science* (1 рад: ИФ = 1.174, ИФ = 1.143, ИФ = 1.170 и 2 рада ИФ = 1.227)
- 1 рад у *ANZIAM Journal* (1 рад ИФ = 0.455)

Укупан фактор утицаја радова кандидата износи 69.4, а у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за реизбор у звања виши научни сарадник тај фактор је 16. Часописи у којима је кандидат објављивао радове су по свом угледу цењени и водећи у областима којима припадају. Посебно се међу њима истичу: *Physical Review E*, *Plasma Sources Science and Technology*, *Europhysics Letters*, *The European Physical Journal D*, *The Journal of Chemical Physics*, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* и *Journal of Physics D: Applied Physics*.

Додатни библиометријски показатељи у вези са објављеним радовима кандидата у периоду након одлуке Научног већа о предлогу за стицање звања виши научни сарадник

Табела садржи импакт факторе (ИФ) радова, М20 бодове радова по категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП) (најбоља вредност из периода до две године уназад од објаве рада). У табели су дате укупне вредности, као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора по чланку, за радове објављене у М20 категоријама.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	16.44	50	8.7
Усредњен по чланку	1.644	5.0	0.87
Усредњен по аутору	7.56	23.5	3.89

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

У свом укупном досадашњем раду, кандидат је водећи аутор у шест радова, други аутор у 21 раду, трећи аутор у 13 радова, четврти аутор у 4 рада, пети аутор у 5 радова и седми аутор у 1 раду. На радовима који су објављени у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду

о предлогу за реизбор звања виши научни сарадник, кандидат је водећи аутор у једној публикацији, други аутор на седам публикација и трећи аутор на 2 публикације. При изради свих ових публикација кандидат је учествовао у конкретној формулацији проблема и развоју Монте Карло компјутерског кода. Изводио је нумеричке симулације и прорачуне, анализирао и графички обрађивао добијене резултате. Учествовао је у писању радова и у спремању одговора на примедбе рецезената.

Др Зоран Распоповић је учесник у међународној сарадњи са:

- (1) Групом др Мирана Мозетича са Института Јожеф Штефан у Словенији.
- (2) Групом професора Ј.К. Лија (J.K. Lee) са Универзитета за науку и технологију у Похангу, у Јужној Кореји са којим је радио на усавршавању постојећих PIC (енгл. Particle-in-cell) кодова са посебним акцентом на кисеоничним плазмама.
- (3) Професорима Т. Макабеом (T. Makabe) са Кеио Универзитета (енгл. Keio University) у Јокохами (Yokohama), Р.Е. Робсоном (R.E. Robson) и Р.Д. Вајтом (R.D. White) са Џејмс Кук Универзитета (енгл. James Cook University) у Аустралији. Са овим колегама је сарађивао на већем броју тема почевши од развоја бенчмарк модела за тестирање кодова базираних на Монте Карло симулацији и/или кодова за нумеричко решавање Болцманове једначине, преко фундаменталних истраживања повезаних са импликацијама негативне мобилности електрона на други закон термодинамике па све до проучавања кинетичких феномена транспорта електрона у условима временски разложених електричних и магнетских поља.
- (4) Групом професора Напартовича (A.V. Napartovich) са Троицки Института за иновације и фузиона истраживања у Москви са којом је заједнички проучавао феномен негативне мобилности електрона у смешама племенитих и јако електронегативних гасова.
- (5) Са професором Уркихом (J. de Urquijo) са Националног Универзитета у Мексику са којим је сарађивао на темама које су повезане са транспортом негативних јона у гасовима.

3.1.6 Елементи применљивости научних резултата

Др Зоран Распоповић се бави проучавањем и моделовањем неравнотежних плазми, са посебним акцентом на кинетици наелектрисаних честица. У микроелектроници, ове плазме се користе за модификацију површина полупроводничких материјала. Под модификацијом површина подразумевају се процеси депозиције танких слојева, процеси анизотропног нагризања плазмом и процеси чишћења и распршивања материјала. Неравнотежне плазме налазе бројне примене у развоју извора светлости, плазма екрана, извора јона, псеудо спарк прекидача, гасних ласера, и за уклањање загађујућих гасова. Кинетички модели ових плазми захтевају познавање сударних пресека за расејање наелектрисаних честица у гасовима, а модели базирани на флуидним једначинама захтевају познавање транспортних коефицијената у функцији редукованог електричног поља. Развој методологије за добијање ових података и анализу транспортних процеса наелектрисаних честица се налази у фокусу истраживања др Зорана Распоповића.

3.2 Ангажованост у формирању научних кадрова

Као професор физике Зоран Распоповић је радио хонорарно са 8 часова недељно у „Математичкој гимназији“ од 1994-2001. године, где је посебну пажњу посветио надареним ученицима.

Менторство

Распоповић је био коментор у изради магистарске тезе Саше Дујка, која је одбрањена на Физичком факултету Универзитета у Београду, 25.02.2004. године под називом „Транспорт електрона у електричним и магнетним р.ф. пољима у CF_4 “.

Од 2005. године био је и члан комисије за такмичење ученика основних и средњих школа под називом „Не веруј на реч, увери се сам“, које организује школа Руђер Бошковић.

Зоран Распоповић је коаутор четири уџбеника за средњу школу издатих од стране Завода за издавање уџбеника и наставна средства, одобрена од стране Министарства просвете:

- (1) Физика за трећи разред гимназије друштвено-језичког смера;
 - (2) Физика за други разред гимназије општег и друштвеног-језичког смера;
 - (3) Физика за други разред гимназије природно-математичког смера;
 - (4) Физика за први разред трогодишње средње стручне школе,
- као и једне збирке задатака у едицији Завода за издавање уџбеника и наставна средства
- (1) Збирка задатака са лабораторијским вежбама за први разред трогодишње средње стручне школе.

3.3 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Кандидат је објавио 10 радова М20 категорије у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за реизбор у звање виши научни сарадник. Радови су базирани на комплексним нумеричким Монте Карло симулацијама. Девет радова имају три и мање аутора, а један има пет аутора, тако да улазе пуном тежином на број коаутора. Укупан број М бодова који носе ових десет публикација је 50.

3.4 Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Од 2006. године колега Распоповић почиње да се бави транспортом негативних јона у гасовима. Он је један од аутора и први руководилац базе података за транспорт негативних јона у гасовима која је израђена у Лабораторији за гасну електронику.

У периоду након одлуке Научног већа о предлогу за реизбор у звања виши научни сарадник, руководио је пројектним задатком *Развој скупова пресека за расејање наелектрисаних честица* у оквиру Центра за неравнотежне процесе Института за физику у Београду, којим руководи др Невена Пуач. Учествоје као члан пројектног тима на пројекту *Exploring ultra low global warming potential gases for insulation in high-voltage technology: Experiments and modelling* у оквиру програма ИДЕЈЕ Фонда за науку Републике Србије, којим руководи др Саша Дујко.

3.5 Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Зоран Распоповић је био члан редакцијског одбора и рецезент за природне науке часописа Српска наука данас у Задужбини Андрејевић, од 2015. године, а предложен је од стране Научног већа Института за физику у Београду.

3.6 Утицај научних резултата

Утицај научних резултата огледа се у подацима о цитираности, наведеним у секцији 3.1.2.

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

Кандидат је значајно допринео сваком раду на коме је учествовао. Десет радова у часописима, у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за реизбор у звање виши научни сарадник, урађени су на Институту за физику у Београду. На овим радовима, др Распоповић је учествовао у конкретној формулацији проблема, развијао је и прилагођавао Монте Карло симулације конкретним захтевима истраживања, извршавао је нумеричке симулације, анализирао, графички обрађивао и тумачио добијене резултате. Учествовао је у писању радова, и

спремању одговора на примедбе рецензата. Аутор је и једног самосталног рада који је објављен у *Physical Review E* америчког друштва физичара.

3.8 Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Др Зоран Распоповић је одржао предавање по позиву пре одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за реизбор у звања виши научни сарадник:

Z.M. Raspopović, (progress report), Transport of electrons in crossed electric and magnetic rf fields, XX SPIG 2000 Zlatibor (Ed.s Z.Lj.Petrović, M.M.Kuraica, N.Bibic and G.Malović) (2000) p.129

Након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за реизбор у звање виши научни сарадник, др Зоран Распоповић је био коаутор једног предавања по позиву на међународној конференцији, а учествовао је укупно на 8 међународних скупова. Списак овог предавања штампаног у изводу и саопштења са међународних скупова штампаних у изводу и целини, укључујући и web адресе је дат у наставку.

1. Ž.D. Nikitović, **Z.M. Raspopović**,
Characteristic energy of Ne^+ ions in CF_4 gas,
The Tenth Serbian Ceramic Society Conference »Advanced Ceramics and Application« September 26-27, 2022 Serbian Academy of Sciences and Arts, Organized by Serbian Ceramic Society INV9, p. 37, **M32**
<http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca01-10/aca10/ACA-X-Programme-and-Book-of-Abstracts.pdf>
2. Ž.D. Nikitović, M. Gilic, **Z.M. Raspopović**, M. Ćurčić and V. Stojanović
Transport Coefficients for Li^+ in Dimethoxyethane
29th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases SPIG 2018, August 28 – September 1, 2018, Belgrade, Serbia, 1.12., pp.59-62, **M33**
<http://spig2018.ipb.ac.rs/SPIG2018-book-online.pdf>
3. Ž.D. Nikitović; Martina Gilic; Jelena Mitric; **Z.M. Raspopović**
RATE COEFFICIENTS FOR Ar^+ IN Ar/BF_3 MIXTURES
30th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases S P I G 2020, стр. 79 – 82, **M33**
<http://spig2020.ipb.ac.rs/Spig2020-Book-Online.pdf>
4. Ž.D. Nikitović and **Z.M. Raspopović**
Reduced Mobility of H^+ Ions in n-Butanol Gas
31 st Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases , September 5 – 9, SPIG 2022, Belgrade, str. 45-48, **M33**
<http://sp1ig2022.ipb.ac.rs/Spig2022-Book-Online.pdf>
5. Ž.D. Nikitović; Vladimir Stojanović; **Z.M. Raspopović**,
Transport coefficients of Ar^+ in BF_3 gas,
TWENTIETH ANNUAL CONFERENCE YUCOMAT 2018, Herceg Novi, September 3-7, 2018, P.S.B.15, p. 26, **M34**
<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://dais.sanu.ac.rs/bitstream/handle/123456789/3621/9788691911133.pdf?sequence%3D1%26amp;isAllowed%3Dy>

6. **Ž.D. Nikitović and Z.M. Raspopović**
Rate coefficients of He⁺ ions in CF₄ gas
IV Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA – Atmosphere BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED PAPERS, May 30 to June 2, 2022, Fruška Gora, Serbia, p.16, **M34**
<http://aspectro2022.ipb.ac.rs/book-AsSpectro2022d.pdf>
7. **Ž.D. Nikitović and Z.M. Raspopović**
Transport Properties of H₂⁺ Ions in H₂ Gas
V Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA – Astronomy & Earth Observations BOOK OF ABSTRACTS AND CONTRIBUTED, September 12 - 15, 2023, Palić, Serbia, p. 63, **M34**
http://aspectro2023.ipb.ac.rs/AsSpectro2023_book.pdf
8. **Ž.D. Nikitović; Z.M. Raspopović**
Modelling of Ar⁺ ions in CF₄ gas
Serbian Ceramic Society Conference ADVANCED CERAMICS AND APPLICATION XI New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, Serbia, Belgrade, 18-20th September 2023, p.76, **M34**
<http://www.serbianceramicsociety.rs/doc/aca11-20/aca11/ACA-XI-Program-and-the-book-of-abstracts.pdf>
9. **Ž.D. Nikitović; Z.M. Raspopović,**
Transport properties for Ar⁺ in CF₄ gas for technological applications,
TWENTY-FOURTH ANNUAL CONFERENCE YUCOMAT 2023, Herceg Novi, Montenegro, September 4-8, 2023 P.S.47., p. 29, **M34**
<https://www.mrs-serbia.org.rs/index.php/book-of-abstracts-2023>

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени резултати у периоду након одлуке Научног већа Института за физику у Београду о предлогу за стицање претходног научног звања:

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	1	10	10
M21	8	1	8	8
M22	5	4	20	10
M23	3	4	12	18
M32	1.5	1	1.5	1.5
M33	1	3	3	3
M34	0.5	5	2.5	1.5

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено, број М бодова без нормирања	Остварено, нормирани број М бодова
Укупно	25	57	57
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	20	54.5	54.5
M21+M22+M23	15	50	50

5. ЗАКЉУЧАК

Др Зоран Распоповић испуњава све услове за реизбор у звање виши научни сарадник предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије. Најзначајније резултате је постигао у оквиру физике ројева наелектрисаних честица где се једнако успешно бавио како транспортом електрона, тако и транспортом јона у неутралним гасовима примењујући Монте Карло симулације. Посебно желимо да истакнемо да је кандидат недавно објавио самостални рад у часопису Physical Review E који издаје Америчко друштво физичара.

Имајући у виду квалитет његовог научно-истраживачког рада, продоре и доприносе које је постигао у својој области истраживања, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за реизбор др Зорана Распоповића у звање виши научни сарадник.

У Београду, 26.12.2023. године

Чланови комисије



др Саша Дујко, научни саветник
Институт за физику у Београду



др Жељка Никитовић, научни саветник
Институт за физику у Београду



др Горан Попарић, редовни професор

Физички факултет, Универзитет у Београду