

**НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ „ВИНЧА“ –
ИНСТИТУТА ОД НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ,
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Научно веће Института за нуклеарне науке *Винча* - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, на 7. редовној седници одржаној 25. маја 2023. године, именовало је Комисију за оцену научно-истраживачког рада и писање извештаја за избор Миливоја Хацијојића, истраживача сарадника Лабораторије за физику (010), Института за нуклеарне науке „Винча“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, у звање **научни сарадник**, у складу са Законом о науци и истраживањима (Сл. гласник РС, бр. 49/19) и Правилником о стицању истраживачких и научних звања (Сл. гласник РС, број 159/2020, 14/2023-51).

Комисија у саставу:

1. Председник, Марко Ћосић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке *Винча* - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду
2. Срђан Петровић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке *Винча* - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду
3. Божидар Николић, ванредни професор, Физички факултет, Универзитет у Београду

након подробног разматрања приспеле документације подноси Научном већу Института за нуклеарне науке „Винча“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски и стручни подаци о кандидату

Миливоје Хацијојић је рођен 27. априла 1987. године у Панчеву у Србији. Године 2006. матурирао је са највишим оценама у Панчевачкој Гимназији. Исте године је започео студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, на катедри за теоријску и експерименталну физику. Звање теоријског физичара је стекао 2013. године одбраном дипломског рада под називом ”SU(3) група и кварк модел” чиме је дипломирао са просечном оценом током студија 9,39 од максимално могуће 10. Године 2013. је започео мастер академске студије на катедри за теоријску физику Физичког факултета Универзитета у Београду. Одбраном рада “Т-дуалност бозонске струне на 2-торусу преко комплексних параметара” 2015. године стекао је звање мастер физичара са просечном оценом током студија 9,33. Те године је почео докторске академске студије на смеру “Квантна поља, честице и гравитација”. Године 2016. је студије наставио на смеру “Физика атома и молекула”. Године 2023. одбранио је докторску дисертацију са насловом „Испитивање дводимензионалних кристала коришћењем ефекта дугиног расејања“.

2. Преглед научне активности кандидата

У новембру 2017. године је стекао звање истраживача-приправника у Лабораторији за физику Института за нуклеарне науке “Винча” - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. Године 2019. постаје истраживач сарадник и учествује у реализацији пројекта “Физика и хемија са јонским сноповима”, под бројем III 45006. Истраживање је усмерено на изучавање интеракције јона са материјом. Прецизније, на теоријску анализу трансмисије протона кроз слој графена и сличне једнослојне наноструктуре. Тренутно учествује у реализацији истраживачких тема: “Комплексне и катастрофичне појаве у физици и биологији” (бр. 0102308), “Физика и хемија са јонским сноповима” (бр. 0102304) и “Каналисање наелектрисаних честица у материјалима” (бр. 0102309). Сарадник је и на билатералном пројекту са Техничким универзитетом у Бечу са насловом „Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале“, са бројем 337-00-577/2021-09/51. У наставку су наведени научни радови кандидата.

Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a):

1. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. Chaos **31**, 093115 (2021).
2. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**. *Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube*. Chaos, Solitons & Fractals **166**, 112898 (2023).

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov, S. Bellucci. *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow Scattering*. Carbon **145**, 161-174 (2019).
2. **М. Hadžijojić**, М. Ћосић, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. J. Phys. Chem. C **125**, 38, 21030-21043 (2021).

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целисти (M31):

1. **М. Hadžijojić**, М. Ћосић. “*Study of Graphene by Rainbow Scattering Effect.*” 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, Serbia, September 2022, Belgrade, Serbia. Publ. Astron. Obs. Belgrade **102**, 113 (2018).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, N. Nešković. *Bohmian dynamics of positrons channeled through a chiral carbon nanotubes*. 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases. Belgrade, Serbia, (2022).

Саопштења са међународних научних скупова штампаних у изводу (M34):

1. M. Ćosić, N. Nešković, S. Petrović, **M. Hadžijojić**. *Bohmian Dynamics of Positrons Channeling Through A Chiral Carbon Nanotube*. Book of Abstract - quantum physics and nuclear technology.
2. M. Ćosić, S. Petrović, **M. Hadžijojić**. *Coordinated Self-Interference of Wave Packets: A New Route towards Classicality for Structurally Stable Systems*. Quantum Mechanics (iquantum-2021).
3. **M. Hadžijojić**, M. Ćosić, R. Rymzhanov, S. Petrović. "The investigation of the graphene atom thermal vibrations using forward rainbow scattering." The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018).

Одбрањена докторска дисертација (M71):

1. **Миливоје Хаџиџојић**, "Испитивање дводимензионалних кристала коришћењем ефекта дугиног расејања.", *Универзитет у Београду, Физички факултет*, 28. април 2023.

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата

3.1. Квалитет научних резултата

3.1.1. Науни ниво и значај резултата. Утицај научних радова

У научним радовима кандидат је изучавао физичке системе у којима постоји ефекат дугиног расејања. Изузетност спроведених истраживања се огледа у коришћењу теорије сингуларитета и алгебарске топологије у анализи резултата прорачуна. Развијени приступ је прикладан за изучавање свих система у којима постоји дугино расејање, било да је реч о расејању светлости на капима течности, расејању атома на кристалима или сударима атома. У научним радовима кандидата се разматра могућност коришћења ефекта дуге за испитивање својстава материјала. Показана је могућност коришћења дугиног обрасца за испитивање термалних вибрација и одређивање врсте и густине дефеката дводимензионалних кристала. Примењивост остварених резултата је нарочито значајна у анализи графена и графену сличних материјала. Кандидат се итиче као основни аутор следећег рада.

M. Hadžijojić, M. Ćosić, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. J. Phys. Chem. C **125**, 38, 21030-21043 (2021).
doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>

У овом раду је испитана трансмисија протона енергије 5 keV кроз једнослојни графен са моноваканцијама, адатомима и Стоун-Вејлсовим дефектима. Приликом истраживања које је изнедрило публикацију *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*, кандидат је увидео да се анализом опсервабилног дугиног обрасца у равни углова расејања могу изучавати и критичне тачке редукованог потенцијала интеракције. Углови расејања дефинишу векторско поље у равни ударног параметра. На основу теорије индекса алгебарске топологије, у односу на ово

векторско поље могуће је дефинисати индекс дуга у равни ударног параметра. Линије дуге нису произвољне контуре у пољу углова расејања, већ нуле Хесијана редукованог потенцијала. Последично, разграничавају области позитивне и негативне кривине редукованог потенцијала. Варијацијом параметара модела може доћи до бифуркација критичних тачака редукованог потенцијала. Показано је да свака бифуркација критичних тачака узрокује настанак или нестанак линија дуге. Ако линија дуге обухвата бар једну критичну тачку редукованог потенцијала, одговарајућа угаона линија дуге обухвата координатни почетак равни углова расејања. Штавише, на основу теорије индекса, индекс линије дуге у равни ударног параметра једнак је броју намотаја одговарајуће угаоне линије дуге у односу на нулти угао расејања. То значи да се анализом преображаја опсервабилног угаоног дугиног обрасца може скицирати закривљеност и расподела критичних тачака редукованог потенцијала интеракције.

У раду чији је кандидат основни аутор, показано је да су линије дуге у равни ударног параметра привучене седластим критичним тачкама а одбијене оближњим максимумима редукованог потенцијала интеракције. На тај начин је објашњена промена дугиног обрасца услед просторне прерасподеле екстремума редукованог потенцијала због присуства структурних дефеката у графену. Свака врста дефекта образује јединствен дугин образац. Показано је да је на основу угаоног дугиног обрасца могуће једнозначно одредити врсте дефеката присутних у графену. Кандидат је нумерички израчунао калибрационе криве које би могле омогућити одређивање густина дефеката графена. Кандидат је написао прву верзију рада.

3.1.2. Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према подацима доступним у Scopus и ORCID базама, кандидат Миливоје Хацијојић има **5** хетероцитата. Хиршов индекс кандидата је $h = 2$. Цитирани радови кандидата наведени у наставку.

1. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. Chaos **31**, 093115 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0059093>

Цитиран у раду:

- Despotović, S.Z., Ћосић, М. *The Morphological Analysis of the Collagen Fiber Straightness in the Healthy Uninvolved Human Colon Mucosa Away From the Cancer*. Frontiers in Physics **10**, 915644 (2022). <https://doi.org/10.3389/fphy.2022.915644>
2. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov, S. Bellucci. *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow Scattering*. Carbon **145**, 161-174 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>

Цитиран у радовима:

- Starčević, N., Petrović, S. *Universal axial rainbow channeling interaction potential*. European Physical Journal D **77**(4), 61. (2023). <https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-023-00641-5>

- Jovanović, Z., Nešković, N., Telečki, I., Ćosić, M., Balvanović, R. *Transmission Studies with Ion Beams within FAMA*. CERN-Proceedings 2021-September, pp. 127-128.
<https://doi.org/10.18429/JACoW-RuPAC2021-FRB07>

3. **M. Hadžijojić**, M. Ćosić, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. *J. Phys. Chem. C* **125**, 38, 21030-21043 (2021).
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>

Цитиран у радовима:

- Starčević, N., Petrović, S. *Universal axial rainbow channeling interaction potential*. *European Physical Journal D* **77**(4), 61. (2023).
<https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-023-00641-5>
- Despotović, S.Z., Ćosić, M. *The Morphological Analysis of the Collagen Fiber Straightness in the Healthy Uninvolved Human Colon Mucosa Away From the Cancer*. *Frontiers in Physics* **10**. 915644 (2022).
<https://doi.org/10.3389/fphy.2022.915644>

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

По класификацији квалитета часописа Министарства просвете науке и технолошког развоја републике просечни број бодова кандидата по библиографској јединици је **4.80**. док је укупан број бодова **48**. Просечни импакт фактор износи **6.67** док је СНИП фактор (Source normalized impact per paper) **1.52**. Укупан импакт фактор радова кандидата је **26.67**. Просечан број коаутора у радовима Миливоја Хацијојића је **3.5**. Преглед укупних библиографских показатеља дат је у следећој табели.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	26.67	48 (48*)	6.10
Усредњено по чланку	6.67	12 (12*)	1.52
Усредњено по аутору	9.06	11.77 (11.77*)	2.08

*Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.

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

Истраживање спроведено у научним радовима кандидата поседује висок степен оригиналности. Испитивање научних претпоставки кандидат спроводи самостално и у координацији са руководиоцем пројекта. Научни резултати кандидата Миливоја Хацијојића значајно доприносе реализацији тема *Комплексне и катастрофичне појаве*

у физици и биологији (бр. 0102308), *Физика и хемија са јонским сноповима* (бр. 0102304) и *Каналисање наелектрисаних честица у материјалима* (бр. 0102309). Рад кандидата је значајно допринео реализацији националног пројекта ИИИИ45006 *Физика и хемија са јонским сноповима*.

Кандидат је учесник билатералног пројекта са Техничким универзитетом у Бечу са насловом „Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале“ и бројем 337-00-577/2021-09/51, као и пројекта у оквиру сарадње Републике Србије са Обједињеним институтом за нуклеарна истраживања, Дубна, Русија.

У периоду од 23 до 27. априла године 2018. учествује на 22. *Међународној научној конференцији младих научника и стручњака (AYSS-2018)* одржаној у Лабораторији за физику високих енергија, Обједињеног института за нуклеарна истраживања (JINR), Дубна, Русија. У периоду од 9-29. септембра године 2018. учествује на *Међународној студентској пракси* у организацији универзитетског центра Обједињеног института за нуклеарна истраживања (JINR), Дубна, Русија. Кандидат је као предавач по позиву учествовао на 31. *Међународном симпозијуму о физици јонизованих гасова (SPIG-2022)*, одржаном у периоду 5-9. септембра године 2022. у Београду у Србији.

3.1.5. Применљивост научних резултата

Дводимензионални кристали имају изванредне физичке особине. Радови кандидата би могли допринети развоју сасвим нове методе за карактеризацију дводимензионаних кристала. Анализа облика и величине линија дуге би се могла употебити за испитивање термалних вибрација и карактеризацију дефеката дводимензионалних кристала.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

У периоду од 1. до 31. јула године 2018. кандидат Миливоје Хацијојић је асистирао др Марку Тосићу приликом руковођења студентском праксом студента Бена Салмонда са Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство. Студент је током праксе упознат са основама теорије дуриног расејања. Студент је нумерички рачунао диференцијалне пресеке за расејање паралелног снопа светлости на сферној капљици воде у ваздуху и одговарајуће физичке и геометријске фронтове расејане светлости.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a):

1. М. Ћосић, М. **Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. *Chaos* **31**, 093115 (2021).
<https://doi.org/10.1063/5.0059093>

ISSN: 1054-1500

Број поена: 10/ 10*

ИФ(2021) = 3.741; Physics, Mathematical (4/55);

СНИП = 1.21.

Број хетероцитата = 1.

2. M. Ćosić, **M. Hadžijojić**. *Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube*. *Chaos, Solitons & Fractals* **166**, 112898 (2023).
<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112898>
ISSN: 0960-0779
Број поена: 10/ 10*
ИФ(2021) = 9.922; Physics, Mathematical (1/56);
СНИП = 2.29.
Број хетероцитата = 0.

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. M. Ćosić, **M. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov, S. Bellucci. *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow Scattering*. *Carbon* **145**, 161-174 (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>
ISSN: 0008-6223
Број поена: 8/ 8*
ИФ(2019) = 8.821; Materials Science, Multidisciplinary (32/314);
СНИП = 1.70.
Број хетероцитата = 2.
2. **M. Hadžijojić**, M. Ćosić, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. *J. Phys. Chem. C* **125**, 38, 21030-21043 (2021).
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>
ISSN: 1932-7447
Број поена: 8/ 8*
ИФ(2019) = 4.189; Materials Science, Multidisciplinary (90/314);
СНИП = 0.90.
Број хетероцитата = 2.

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целости (M31):

1. **M. Hadžijojić**, M. Ćosić. "Study of Graphene by Rainbow Scattering Effect." 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, Serbia, September 2022, Belgrade, Serbia. *Publ. Astron. Obs. Belgrade* **102**, 113 (2018).
Број поена: 3.5/ 3.5*

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. M. Ćosić, **M. Hadžijojić**, N. Nešković. *Bohmian dynamics of positrons channeled through a chiral carbon nanotubes*. 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases. Belgrade, Serbia, (2022).
<http://spig2022.ipb.ac.rs/>
Број поена: 1/ 1*

Саопштења са међународних научних скупова штампаних у изводу (M34):

1. M. Ćosić, N. Nešković, S. Petrović, **M. Hadžijojić**. *Bohmian Dynamics of Positrons Channeling Through A Chiral Carbon Nanotube*. Book of Abstract - quantum physics and nuclear technology. Virtual Conference p.29
Број поена: 0.5/ 0.5*
<https://crgconferences.com/physics/2021/performers>
2. M. Ćosić, S. Petrović, **M. Hadžijojić**. *Coordinated Self-Interference of Wave Packets: A New Route towards Classicality for Structurally Stable Systems*. Quantum Mechanics (iquantum-2021) Virtual Conference p.29
Број поена: 0.5/ 0.5*
<https://phronesisonline.com/iquantum/index.php>
3. **M. Hadžijojić**, M. Ćosić, R. Rymzhanov, S. Petrović. "The investigation of the graphene atom thermal vibrations using forward rainbow scattering." The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018) 23-27 April 2018. 18:00, Room 347, 3rd floor (LHEP, b, 215)
Број поена: 0.5/ 0.5*
<https://indico.jinr.ru/event/436/contributions/3811/>

Одбрањена докторска дисертација (M71):

Миливоје Хаџиојић, "Испитивање димензионалних кристала коришћењем ефекта дугиног расејања.", *Универзитет у Београду, Физички факултет*, 28. април 2023.
Број поена: 6/ 6*

**Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.*

3.4. Утицај научних резултата

У научним радовима кандидат је изучавао физичке системе у којима постоји ефекат дугиног расејања. Развијени приступ је прикладан за изучавање свих система у којима постоји дугино расејање, било да је реч о расејању светлости на капима течности, расејању атома на кристалима или сударима атома. У научним радовима кандидата се разматра могућност коришћења ефекта дуге за испитивање својстава материјала. Показана је могућност коришћења дугиног обрасца за испитивање термалних вибрација и одређивање врсте и густине дефеката димензионалних кристала. Примењивост остварених резултата је нарочито значајна у анализи графена и графену сличних материјала. Кандидат се итиче као основни аутор следећег рада. Значајан утицај научних резултата кандидата се огледа и кроз 5 хетероцитата радова кандидата.

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

У наставку је уз сваку научну публикацију кандидата наведен конкретан допринос кандидата у реализацији датог рада.

М. Ћосић, М. **Надџиојић**, С. Петровић, Р. Рымзханов. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. *Chaos* **31**, 093115 (2021).

doi: <https://doi.org/10.1063/5.0059093>

У овом раду је изучаван преображај дугиног обрасца који образују протони трансмитовани кроз савршен једнослојни графен. Почетна енергија протона износи 5 keV. Зарад изучавања дугиног обрасца развијена је морфолошка анализа, поступак изучавања облика линија дуге, а не тачног положаја линија дуге или тачне вредности угаоне расподеле. Морфолошка анализа користи резултате теорије катастрофа за конструкцију локалног модела линије дуге и редукованог потенцијала интеракције. Преображај дугиног обрасца је у оквиру морфолошке анализе објашњен бифуркацијама критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Употребом теорије индекса алгебарске топологије могуће је одредити број и просторну расподелу критичних тачака редукованог потенцијала. Један од закључака морфолошке анализе дугиног обрасца протона трансмитованих кроз графен је да су спољашње линије дуге нарочито осетљиве на особине редукованог потенцијала у малој околини појединачних атома угљеника. Стога су спољашње линије дуге назване атомске дуге. С друге стране, унутрашње линије дуге су нарочито осетљиве на просторни распоред атома угљеника, због чега су назване структурне дуге. То значи да би морфолошка анализа дугиног обрасца могла бити основ сасвим нове методе за карактеризацију атомског састава и структуре дводимензионалних кристала.

Др Марко Ћосић је увидео да се критичне тачке кривине и сингуларитети линија дуге у равни углова расејања могу објаснити постојањем критичних тачака кривине дуга у равни ударног параметра. Др Ћосић је за потребе објашњења овог понашања локално моделовао линије дуге дефектним каспоидима коранка 2. Др Ћосић је увидео и да је интеракција дугиних линија праћена бифуркацијама које је именовао *бифуркације конусног пресека*. Наведени увиди др Ћосића чине тежиште овог рада.

Миливоје Хацијојић је увидео да се анализом дугиног обрасца могу изучавати и критичне тачке редукованог потенцијала. Наиме, линије дуге су границе области позитивне и негативне закривљености редукованог потенцијала. Углови расејања дефинишу векторско поље у равни ударног параметра. Индекс дуге у равни ударног параметра једнак је броју намотаја угаоне линије дуге у односу на нулти угао расејања. Варијацијом параметара модела може доћи до деобе или спајања линија дуге. Ови процеси су одраз бифуркација критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Штавише, анализом преображаја дугиног обрасца се може одредити индекс критичних тачака редукованог потенцијала. Овим увидом је омогућено једнозначно одређивање броја, врста и расподеле критичних тачака редукованог потенцијала и скицирати дугин образац у равни ударног параметра на основу структуре опсервабилног угаоног дугиног обрасца. Односно, могуће је спровести квалитативну анализу топологије редукованог потенцијала интеракције протона и дводимензионалног кристала.

M. Ćosić, M. Hadžijojić. *Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube*. *Chaos, Solitons & Fractals* **166**, 112898 (2023).
doi: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112898>

У овом раду је испитана дуга динамика трансверзалних резонантних стања позитрона приликом трансмисије кроз канал киралне једнозидне угљеничне наноцеви. Подробно је изучен квантни тепих, образован интерференцијом резонантних стања. Грађа квантног тепиха зависи од ширине таласног пакета којим је описано почетно стање позитрона. Ако је почетно стање моделовано уским таласним пакетом одговарајући квантни тепих је периодичан и прожет делимичним или потпуним оживљавањем таласног пакета. У близини сваког делимичног или потпуног оживљавања уочени су додатни обрасци, несвојствени квантном тепиху који образују честице у бесконачној јами. Ако је почетно стање моделовано ширим таласним пакетом одговарајући квантни тепих је квази-периодичан. Ово необично понашање је објашњено координацијом флукуација амплитуда и фаза резонанци.

Кандидат Миливоје Хацијојић је нумеричким прорачунима одредио енергије и ширине релевантних резонантних стања позитрона у наноцеви.

M. Ćosić, M. Hadžijojić, R. Rymzhanov, S. Petrović, and S. Bellucci, *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow scattering*, *Carbon* **145**, 161-174 (2019),
doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>.

У овом раду је разматрана трансмисија протона енергије 5 keV кроз један слој графена. Матрица коваријансе термалних вибрација атома графена израчуната је на два начина. У случају изотропних вибрација матрица коваријансе је израчуната помоћу Дебајеве теорије. Симулацијом класичне молекулске динамике је израчуната реалистичнија матрица коваријансе и показано да стварни узорак графена не може бити раван. Утврђено је да дугин образац чине спољашње и унутрашње линије дуге. Спољашње линије дуге имају облик елипси и образоване су протонима који се расејавају у малој околини атома угљеника. Унутрашња линија дуге има шестоугаону симетрију и образована је путањама протона који су расејани заједничким деловањем атома који чине шестоугаони угљенични прстен графена. Утврђено је да параметри елипсе спољашњих дуга снажно зависе од структуре матрице коваријансе термалних вибрација атома угљеника. Развијена је процедура за одређивање матрице коваријансе термалних вибрација на основу познатих вредности параметера спољашњих дуга. Поступак је примењив и у случају анизотропних и корелираних термалних вибрација атома угљеника. Овај теоријски рад би могао послужити као основа за развој сасвим нове методе за одређивање коваријансе термалних вибрација дводимензионалних кристала.

Др Марко Ћосић је у раду *The forward rainbow scattering of low energy protons by a graphene sheet* показао да су спољашње линије дуге нарочито осетљиве на промене потенцијала интеракције. Стога је подробније изучио утицај термалних вибрација на дугино расејање. Др Ћосић је развио модел спољашње линије дуге и показао да је спољашња линија дуге квалитативно еквивалентна трансверзалној пројекцији елипсоида који је дефинисан матрицом коваријансе и написао рачунарску програму за рачунање путања протона трансмитованих кроз дводимензионални кристал.

Приликом анализе резултата нумеричких прорачуна, кандидат Миливоје Хацијојић је уочио да постоји значајна разлика у оријентацији спољашњих линија дуге које

образују протони трансмитовани кроз графен са потпуно анизотропним термалним вибрацијама атома и графен код кога су термалне вибрације изотропне унутар равни графена. Наиме, оријентација дуга образованих протонима трансмитованим кроз графен са изотропним термалним вибрацијама атома унутар равни графена не зависи од правца упадног снопа протона. Кандидат је показао да је ово понашање карактеристика трансверзалне пројекције елипсоида који је дефинисан матрицом коваријансе. Захваљујући томе, могуће је на основу оријентације дугиног обрасца, једнозначно утврдити да ли је спектар матрице коваријансе термалних вибрација недегенерисан, односно термалне вибрације потпуно анизотропне.

M. Hadžijojić, M. Ćosić, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene.* J. Phys. Chem. C **125**, 38, 21030-21043 (2021).
doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>

У овом раду је испитана трансмисија протона енергије 5 keV кроз једнослојни графен са моноваканцијама, адатомима и Стоун-Вејлсовим дефектима. Потенцијал интеракције протона и графена је моделован Дојл-Тарнеровом апроксимацијом. Затворени закон расејања је изведен помоћу импулсне апроксимације. Угаоне расподеле трансмитованих протона су изучаване морфолошком анализом дугиног обрасца, како у равни ударног параметра тако и равни углова расејања. Показано је да су линије дуге у равни ударног параметра привучене седластим критичним тачкама а одбијене оближњим максимумима редукованог потенцијала интеракције. На тај начин је објашњена промена дугиног обрасца услед просторне прерасподеле екстремума редукованог потенцијала због присуства структурних дефеката графена. Свака врста дефекта образује јединствен дугин образац. Др Марко Ћосић је уочио да угаона расподела има гребене дуж којих је одброј трансмитованих честица значајан. Др Ћосић је постојање гребена угаоне расподеле објаснио веома малим својственим вредностима Јакобијана закона расејања. Показано је да се на основу угаоног дугиног обрасца могу једнозначно одредити врсте дефеката присутне у графену. Штавише, могуће је одредити и густине непознатих дефеката у моделованом узорку графена.

Др Марко Ћосић је увидео да су гребени угаоне расподеле духови линија дуге. Миливоје Хацијојић је израчунао спектар Јакобијана у релевантним тачкама и нумерички израчунао калибрационе криве које би могле омогућити одређивање густина дефеката графена. Такође, кандидат је подробно изучио утицај критичних тачака редукованог потенцијала интеракције и потврдио хипотезу да су дуге у равни ударног параметра привучене, односно одбијене од стране критичних тачака редукованог потенцијала интеракције.

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Резултат научно-истраживачких активности кандидата су једно предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини и једно саопштење са међународног научног скупа штампано у изводу:

- **M. Hadžijojić, M. Ćosić.** “*Study of Graphene by Rainbow Scattering Effect.*” 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, Serbia, September 2022, Belgrade, Serbia. Publ. Astron. Obs. Belgrade **102**, 113 (2022).

- **М. Hadžijojić, М. Ćosić, R. Rymzhanov, S. Petrović.** “The investigation of the graphene atom thermal vibrations using forward rainbow scattering.” The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018) 23-27 April 2018, Dubna, Russia

4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

Табела 1. Преглед квантитативних критеријума кандидата Миливоја Хаџијојића за избор у звање научни сарадник.

Назив категорије резултата	Врста резултата	К-вредност	Број радова	Укупно бодова
Радови у међународном часопису изузетних вредности	M21a	10	2	20/20*
Радови у врхунском међународном часопису	M21	8	2	16/16*
Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини	M31	3.5	1	3.5/3.5*
Саопштење са међународног скупа штампано у целини	M33	1	1	1/1*
Саопштења са међународних научних скупова штампаних у изводу	M34	0.5	3	1.5/1.5*
Одбрањена докторска дисертација	M71	6	1	6/6*
Укупно	$\Sigma = M20+M30+M70 = 48/48^*$			

Табела 2. Минимални квантитативни захтев за стицање звања научни сарадник за природно-математичке и медицинске науке.

Услов за избор у звање научни сарадник	Категорије резултата	Неопходни бодови	Остварени бодови
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	40.5/40.5*
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	6	36/36*
Укупно		16	48/48*

*Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.

5. Закључак и предлог Комисије

На основу увида у приложену документацију Комисија закључује да кандидат **Миливоје Хацијојић**, истраживач-сарадник, задовољава све потребне квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**.

Научни рад кандидата је изродио четири научна рада, (два рада категорије М21а и два рада категорије М21), једно предавање по позиву на међународном скупу (М31) и четири саопштења са међународних скупова штампаних у целости или изводу (једно категорије М33 и три саопштења категорије М34). Укупна научна компетентност кандидата Миливоја Хацијојића је **48**. Према Правилнику о стицању научних звања потребан број бодова за избор у звање научни сарадник је 16. Комисија констатује да укупан број бодова кандидата увелико превазилази потребне квантитативне норме за избор у звање научни сарадник.

О квалитету резултата научног рада кандидата сведочи просечан импакт фактор по публикацији **6.67**, просечни СНИП фактор **1.52** и **12** М-бодова по научном чланку. Радови кандидата су цитирани укупно **7** пута, од чега су **5** хетероцитати. Хиршов индекс кандидата је **2**. Кандидат је показао висок степен оригиналности и самосталности у раду. У радовима кандидат значајно доприноси развоју математичког и физичког модела студираних система, као и обради и тумачењу добијених резултата.

Кандидат је активан је у међународној сарадњи лабораторије кроз учешће у пројекту са Техничким универзитетом у Бечу са насловом *Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале*.

О квалитету рада кандидата **Миливоја Хацијојића** сведочи једно предавање по позиву и залагање у образовању научних кадрова кроз студентску праксу студента Бена Салмонда из Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство.

Стога, Комисија сматра да кандидат **Миливоје Хацијојић** задовољава све квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**. Комисија предлаже Научном већу Института за нуклеарне науке „Винча” - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, да усвоји овај извештај и подржи избор кандидата **Миливоја Хацијојића** у звање **научни сарадник**.

У Београду 23.06.2023. године.

Председник, Др Марко Ћосић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“

Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду

Др Срђан Петровић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“

Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду

Др Божидар Николић, ванредни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

5. Закључак и предлог Комисије

На основу увида у приложену документацију Комисија закључује да кандидат **Миливоје Хаџијојић**, истраживач-сарадник, задовољава све потребне квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**.

Научни рад кандидата је изродио четири научна рада, (два рада категорије М21а и два рада категорије М21), једно предавање по позиву на међународном скупу (М31) и четири саопштења са међународних скупова штампаних у целости или изводу (једно категорије М33 и три саопштења категорије М34). Укупна научна компетентност кандидата Миливоја Хаџијојића је **48**. Према Правилнику о стицању научних звања потребан број бодова за избор у звање научни сарадник је 16. Комисија констатује да укупан број бодова кандидата увелико превазилази потребне квантитативне норме за избор у звање научни сарадник.

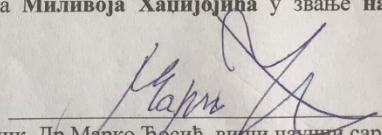
О квалитету резултата научног рада кандидата сведочи просечан импакт фактор по публикацији **6.67**, просечни СНИП фактор **1.52** и **12** М-бодова по научном чланку. Радови кандидата су цитирани укупно **7** пута, од чега су **5** хетероцитати. Хиршов индекс кандидата је **2**. Кандидат је показао висок степен оригиналности и самосталности у раду. У радовима кандидат значајно доприноси развоју математичког и физичког модела студираних система, као и обради и тумачењу добијених резултата.

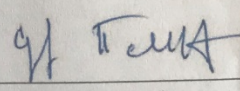
Кандидат је активан је у међународној сарадњи лабораторије кроз учешће у пројекту са Техничким универзитетом у Бечу са насловом *Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале*.

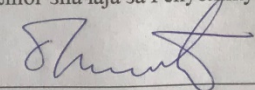
О квалитету рада кандидата **Миливоја Хаџијојића** сведочи једно предавање по позиву и залагање у образовању научних кадрова кроз студентску праксу студента Бена Салмонда из Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство.

Стога, Комисија сматра да кандидат **Миливоје Хаџијојић** задовољава све квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**. Комисија предлаже Научном већу Института за нуклеарне науке „Винча“, да усвоји овај извештај и подржи избор кандидата **Миливоја Хаџијојића** у звање **научни сарадник**.

У Београду 23.06.2023. године.


Председник, Др Марко Тосић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију


Др Срђан Петровић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију


Др Божидар Николић, ванредни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

Институт за нукларне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду:

РЕЗИМЕ ИЗВЕШТАЈА О КАНДИДАТУ ЗА СТИЦАЊЕ НАУЧНОГ ЗВАЊА

I Општи подаци о кандидату

Име и презиме: Миливоје Хацијојић

Година рођења: 27. 04. 1987.

ЈМБГ: 2704987860000

Назив институције у којој је кандидат стално запослен: Институт за нукларне науке *Винча* - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду.

Дипломирао 2013. године на Физичком факултету, Универзитета у Београду

Докторирао 2023. године на Физичком факултету, универзитета у Београду

Научно звање које се тражи: *научни сарадник*

Област науке у којој се тражи звање: *природно-математичке науке*

Грана науке у којој се тражи звање: *физика*

Научна дисциплина у којој се тражи звање: *кондензована материја*

Назив научног матичног одбора којем се захтев упућује:

Матични одбор за физику

II Датум избора - реизбора у научно звање:

III Научно-истраживачки резултати (Прилог 1. и 2. правилника):

Научно-истраживачки резултати кандидата:

1. Монографије, монографске студије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације међународног значаја (M10):

	број	вредност	укупно
M11 =			
M12 =			
M13 =			
M14 =			
M15 =			
M16 =			
M17 =			
M18 =			

2. Радови објављени у научним часописима међународног значаја; научна критика; уређивање часописа (M20):

	број	вредност	укупно
M21a =	2	10	20 (20*)
M21 =	2	8	16 (16*)
M22 =			
M23 =			
M24 =			
M25 =			
M26 =			
M27 =			
M28a =			
M28b =			
M29a =			
M29b =			
M29в =			

3. Зборници са међународних научних скупова (M30):

	број	вредност	укупно
M31 =	1	3.5	3.5 (3.5*)
M32 =			
M33 =	1	1	1(1*)

¹ Звездицом су обележени нормирани бројеви бодова.

M34 =	3	0.5	1.5 (1.5*)
M35 =			
M36 =			

4. Монографије националног значаја (M40):

	број	вредност	укупно
M41 =			
M42 =			
M43 =			
M44 =			
M45 =			
M46 =			
M47 =			
M48 =			
M49 =			

5. Радови у часописима националног значаја (M50):

	број	вредност	укупно
M51 =			
M52 =			
M53 =			
M54 =			
M55 =			
M56 =			
M57 =			

6. Предавања по позиву на скуповима националног значаја (M60):

	број	вредност	укупно
M61 =			
M62 =			
M63 =			
M64 =			
M65 =			
M66 =			
M67 =			
M68 =			
M69 =			

7. Одбрањена докторска дисертација (M70):

	број	вредност	укупно
--	------	----------	--------

M70 =	1	6	6 (6*)
8. Техничка решења (M80):	број	вредност	укупно
M81 =			
M82 =			
M83 =			
M84 =			
M85 =			
M86 =			
M87 =			

9. Патенти (M90):	број	вредност	укупно
M91 =			
M92 =			
M93 =			
M94 =			
M95 =			
M96 =			
M97 =			
M98 =			
M99 =			

10. Изведена дела, награде, студије, изложбе, жирирања и кустоски рад од међународног значаја (M100):

	број	вредност	укупно
M101 =			
M102 =			
M103 =			
M104 =			
M105 =			
M106 =			
M107 =			

11. Изведена дела, награде, студије, изложбе од националног значаја (M100):

	број	вредност	укупно
M108 =			
M109 =			
M110 =			
M111 =			

M112 =

12. Документи припремљени у вези са креирањем и анализом јавних политика (M120):

број вредност укупно

M121 =

M122 =

M123 =

M124 =

Укупно: 48(48*)

**Минимални квантитативни захтеви за стицање појединачних научних звања
(Прилог 4. правилника)**

До избора у звање <i>научни сарадник</i>	Потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно XX=	ОСТВАРЕНО
Научни сарадник	Укупно	16	48(48*)
обавезни (1)	$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq$	10	40.5(40.5*)
обавезни (2)	$M11+M12+M21+M22 +M23 \geq$	6	36(36*)
Виши научни сарадник	Укупно	50	
обавезни (1)	$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90 \geq$	40	
обавезни (2)	$M11+M12+M21+M22 +M23 \geq$	30	
Научни саветник	Укупно	70	
обавезни (1)	$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90 \geq$	50	
обавезни (2)	$M11+M12+M21+M22+M23 \geq$	35	

- бодови нормирани на број аутора према Правилнику Министарства

IV Квалитативна оцена научног доприноса (Прилог 1. Правилника):

1. Показатељи успеха у научном раду:

Резултат научно-истраживачких активности кандидата су једно предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини и једно саопштење са међународног научног скупа штампано у изводу:

- **M. Hadžijojić, M. Ćosić.** “*Study of Graphene by Rainbow Scattering Effect.*” 31th Summer School International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, Serbia, September 2022, Belgrade, Serbia. Publ. Astron. Obs. Belgrade **102**, 113 (2022).

- **M. Hadžijojić**, M. Ćosić, R. Rymzhanov, S. Petrović. “*The investigation of the graphene atom thermal vibrations using forward rainbow scattering.*” The XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018) 23-27 April 2018, Dubna, Russia

2. Ангажованост у развоју услова за научни рад, образовању и формирању научних кадрова:

Међународна сарадња:

Кандидат је учесник билатералног пројекта са Техничким универзитетом у Бечу са насловом „Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале“, са бројем 337-00-577/2021-09/51 и пројекта у оквиру сарадње Републике Србије са Обједињеним институтом за нуклеарна истраживања, Дубна, Русија.

Педагошки рад:

У периоду од 1. до 31. јула године 2018. кандидат Миливоје Хацијојић је асистирао др Марку Ћосићу приликом руковођења студентском праксом студента Бена Салмонда са Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство.

3. Организација научног рада:

Учесник у реализацији тема: “Комплексне и катастрофичне појаве у физици и биологији” (бр. 0102308), “Физика и хемија са јонским сноповима” (бр. 0102304) и “Каналисање наелектрисаних честица у материјалима” (бр. 0102309).

4. Квалитет научних резултата:

Миливоје Хацијојић аутор је **4** научна рада од којих су **2** публикације категорије **M21a**, **2** публикације категорије **M21**, и **2** саопштења са домаћих и међународних конференција.

Радови Миливоја Хацијојића су објављени у угледним међународним часописима. По класификацији квалитета часописа Министарства просвете науке и технолошког развоја републике Србије, просечни број бодова кандидата по библиографској јединици је **4.80**. док је укупан број бодова **48**. Просечни импакт фактор износи **6.67** док је СНИП фактор (Source normalized impact per rare) **1.52**. Укупан импакт фактор радова кандидата је **26.67**. Просечан број коаутора у радовима Миливоја Хацијојића је **3.5**. Преглед укупних библиографских показатеља дат је следећом табелом.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	26.67	48 (48*)	6.10
Усредњено по чланку	6.67	12 (12*)	1.52
Усредњено по аутору	9.06	11.77 (11.77*)	2.08

**Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.*

Према подацима доступним у Scopus и ORCID базама, радови кандидата Миливоја Хаџиџића имају 5 хетероцитата. Хиршов индекс кандидата је $h = 2$.

Научни резултати Миливоја Хаџиџића значајно доприносе реализацији програма истраживања теме “Комплексне и катастрофичне појаве у физици и биологији” (бр. 0102308), “Физика и хемија са јонским сноповима” (бр. 0102304) и “Каналисање наелектрисаних честица у материјалима” (бр. 0102309). У научним радовима кандидат је изучавао физичке системе у којима постоји ефекат дугиног расејања. Изузетност спроведених истраживања се огледа у коришћењу теорије сингуларитета и алгебарске топологије у анализи резултата прорачуна. Развијени приступ је прикладан за изучавање свих система у којима постоји дугино расејање, било да је реч о расејању светлости на капима течности, расејању атома на кристалима или сударима атома. У научним радовима кандидата се разматра могућност коришћења ефекта дуге за испитивање својстава материјала. Показана је могућност коришћења дугиног обрасца за испитивање термалних вибрација и одређивање врсте и густине дефеката дводимензионалних кристала. Примењивост остварених резултата је нарочито значајна у анализи графена и графену сличних материјала. Кандидат се итиче као основни аутор следећег рада.

У наставку је уз сваку научну публикацију кандидата наведен конкретан допринос кандидата у реализацији датог рада.

M. Ćosić, M. Hadžijojić, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. Chaos **31**, 093115 (2021).
doi: <https://doi.org/10.1063/5.0059093>

У овом раду је изучаван преображај дугиног обрасца који образују протони трансмитовани кроз савршен једнослојни графен. Почетна енергија протона износи 5 keV. Зарад изучавања дугиног обрасца развијена је морфолошка анализа, поступак изучавања облика линија дуге, а не тачног положаја линија дуге или тачне вредности угаоне расподеле. Морфолошка анализа користи резултате теорије катастрофа за конструкцију локалног модела линије дуге и редукованог потенцијала интеракције. Преображај дугиног обрасца је у оквиру морфолошке анализе објашњен бифуркацијама критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Употребом теорије индекса алгебарске топологије могуће је одредити број и просторну расподелу критичних тачака редукованог потенцијала. Један од закључака морфолошке анализе дугиног обрасца протона трансмитованих кроз графен је да су спољашње линије дуге нарочито осетљиве на особине редукованог потенцијала у малој околини појединачних атома угљеника. Стога су спољашње линије дуге назване атомске дуге. С друге стране, унутрашње линије дуге су нарочито осетљиве на просторни распоред атома угљеника, због чега су назване структурне дуге. То значи да би морфолошка анализа дугиног обрасца могла бити основ сасвим нове методе за карактеризацију атомског састава и структуре дводимензионалних кристала. Др Марко Ћосић је увидео да се критичне тачке кривине и сингуларитети линија дуге у равни углова расејања могу објаснити постојањем критичних тачака кривине дуга у равни ударног параметра. Др Ћосић је за потребе објашњења овог понашања локално моделовао линије дуге дефектним каспоидима коранка 2. Др Ћосић је увидео и да је интеракција дугиних линија праћена бифуркацијама које је именовао *бифуркације конусног пресека*. Наведени увиди др Ћосића чине тежиште овог рада. Миливоје Хаџиџић је увидео да се анализом дугиног обрасца могу изучавати индекси и просторна расподела критичних тачака редукованог потенцијала. Наиме, линије дуге су границе области позитивне и негативне закривљености редукованог потенцијала. Углови расејања дефинишу векторско поље у равни ударног параметра. Индекс дуге у равни ударног параметра једнак је броју намотаја угаоне линије дуге у односу на нулти угао расејања. Варијацијом параметара модела може доћи до деобе или спајања линија дуге. Ови процеси су одраз бифуркација критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Анализом преображаја дугиног обрасца се може одредити индекс критичних тачака редукованог потенцијала. Овим увидом је омогућено једнозначно одређивање броја и расподеле критичних тачака редукованог потенцијала и скицирање дугиног обрасца у равни ударног параметра, односно квалитативна анализа топологије редукованог потенцијала интеракције протона и дводимензионалног кристала.

M. Ćosić, M. Hadžijojić. *Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube*. *Chaos, Solitons & Fractals* **166**, 112898 (2023).

doi: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112898>

У овом раду је испитана дуга динамика трансверзалних резонантних стања позитрона приликом трансмисије кроз канал киралне једнозидне угљеничне наноцеви. Подробно је изучен квантни тепих, образован интерференцијом резонантних стања. Грађа квантног тепиха зависи од ширине таласног пакета којим је описано почетно стање позитрона. Ако је почетно стање моделовано уским таласним пакетом одговарајући квантни тепих је периодичан и прожет делимичним или потпуним оживљавањем таласног пакета. У близини сваког делимичног или потпуног оживљавања уочени су додатни обрасци, несвојствени квантном тепиху који образују честице у бесконачној јами. Ако је почетно стање моделовано ширим таласним пакетом одговарајући квантни тепих је квази-периодичан. Ово необично понашање је објашњено координацијом флукуација амплитуда и фаза резонанци.

Кандидат Миливоје Хаџијојић је нумеричким прорачунима одредио енергије и ширине релевантних резонантних стања позитрона у наноцеви.

M. Ćosić, M. Hadžijojić, R. Rymzhanov, S. Petrović, and S. Bellucci, *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow scattering*, *Carbon* **145**, 161-174 (2019),

doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>.

У овом раду је разматрана трансмисија протона енергије 5 keV кроз један слој графена. Матрица коваријансе термалних вибрација атома графена израчуната је на два начина. У случају изотропних вибрација матрица коваријансе је израчуната помоћу Дебајеве теорије. Симулацијом класичне молекулске динамике је израчуната реалистичнија матрица коваријансе и показано да стварни узорак графена не може бити раван. Утврђено је да дугин образац чине спољашње и унутрашње линије дуге. Спољашње линије дуге имају облик елипси и образоване су протонима који се расејавају у малој околини атома угљеника. Унутрашња линија дуге има шестоугаону симетрију и образована је путањама протона који су расејани заједничким деловањем атома који чине шестоугаони угљенични прстен графена. Утврђено је да параметри елипсе спољашњих дуга снажно зависе од структуре матрице коваријансе термалних вибрација атома угљеника. Развијена је процедура за одређивање матрице коваријансе термалних вибрација на основу познатих вредности параметера спољашњих дуга. Поступак је примењив и у случају анизотропних и корелираних термалних вибрација атома угљеника. Овај теоријски рад би могао послужити као основа за развој сасвим нове методе за одређивање коваријансе термалних вибрација дводимензионалних кристала.

Др Марко Ћосић је у раду *The forward rainbow scattering of low energy protons by a graphene sheet* показао да су спољашње линије дуге нарочито осетљиве на промене потенцијала интеракције. Стога је подробније изучио утицај термалних вибрација на дугино расејање. Др Ћосић је развио модел спољашње линије дуге и показао да је спољашња линија дуге квалитативно еквивалентна трансверзалној пројекцији елипсоида који је дефинисан матрицом коваријансе и написао рачунарски програм за рачунање путања протона трансмитованих кроз дводимензионални кристал. Приликом анализе резултата нумеричких прорачуна, кандидат Миливоје Хаџијојић је уочио да постоји значајна разлика у оријентацији спољашњих линија дуге које образују протони трансмитовани кроз графен са потпуно анизотропним термалним вибрацијама атома и графен код кога су термалне вибрације изотропне унутар равни графена. Показао је да је ово понашање одлика трансверзалне пројекције елипсоида који је дефинисан матрицом коваријансе. Захваљујући томе, могуће је на основу оријентације дугиног обрасца, једнозначно одредити дегенерација спектра матрице коваријансе термалних вибрација атома кристала.

M. Hadžijojić, M. Ćosić, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. *J. Phys. Chem. C* **125**, 38, 21030-21043 (2021).

doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>

У овом раду је испитана трансмисија протона енергије 5 keV кроз једнослојни графен са моноваканцијама, адатомима и Стоун-Вејлсовим дефектима. Потенцијал интеракције протона и графена је моделован Дојл-Тарнеровом апроксимацијом. Затворени закон расејања је изведен помоћу импулсне апроксимације. Угаоне расподеле трансмитованих протона су изучаване морфолошким анализом дугиног обрасца, како у равни ударног параметра тако и равни углова расејања. Показано је да су линије дуге у равни ударног параметра привучене седластим критичним тачкама а одбијене

оближњим максимумима редукованог потенцијала интеракције. На тај начин је објашњена промена дугиног обрасца услед просторне прерасподеле екстремума редукованог потенцијала због присуства структурних дефеката графена. Свака врста дефекта образује јединствен дугин образац. Др Марко Ћосић је уочио да угаона расподела има гребене дуж којих је одброј трансмитованих честица значајан. Др Ћосић је постојање гребена угаоне расподеле објаснио веома малим својственим вредностима Јакобијана закона расејања. Показано је да се на основу угаоног дугиног обрасца могу једнозначно одредити врсте дефеката присутне у графену. Штавише, могуће је одредити и густине непознатих дефеката у моделованом узорку графена.

Кандидат Миливоје Хаџијојић је израчунао спектар Јакобијана закона расејања у релевантним тачкама и нумерички израчунао калибрационе криве које би могле омогућити одређивање густина дефеката графена. Такође, кандидат је подробно изучио утицај критичних тачака редукованог потенцијала интеракције и потврдио хипотезу да су дуге у равни ударног параметра привучене, односно одбијене од стране критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Кандидат је написао прву верзију рада.

V. Оцена Комисије о научном доприносу кандидата, са образложењем:

На основу увида у приложену документацију Комисија закључује да кандидат **Миливоје Хаџијојић**, истраживач-сарадник, задовољава све потребне квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**.

Научни рад кандидата је изродио четири научна рада, (два рада категорије M21a и два рада категорије M21), једно предавање по позиву на међународном скупу (M31) и четири саопштења са међународних скупова штампаних у целисти или изводу (једно категорије M33 и три саопштења категорије M34). Укупна научна компетентност кандидата Миливоја Хаџијојића је **48**. Према Правилнику о стицању научних звања потребан број бодова за избор у звање научни сарадник је 16. Комисија констатује да укупан број бодова кандидата увелико превазилази потребне квантитативне норме за избор у звање научни сарадник.

О квалитету резултата научног рада кандидата сведочи просечан импакт фактор по публикацији **6.67**, просечни СНИП фактор износи **1.52** и број М-бодова по научном чланку кандидата је **12**. Радови кандидата су цитирани укупно **7** пута, од чега су **5** хетероцитати. Хиршов индекс кандидата је **2**. Кандидат је показао висок степен оригиналности и самосталности у раду. У радовима кандидат значајно доприноси развоју математичких и физичких модела студираних система, као и обради и тумачењу добијених резултата.

Кандидат је активан је у међународној сарадњи лабораторије кроз учешће у пројекту са Техничким универзитетом у Бечу са насловом „*Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале*“.

О квалитету рада кандидата **Миливоја Хаџијојића** сведочи једно предавање по позиву и залагање у образовању научних кадрова кроз студентску праксу студента Бена Салмонда из Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство.

Стога, Комисија сматра да кандидат **Миливоје Хаџијојић** задовољава све квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**. Комисија предлаже Научном већу Института за нуклеарне науке „Винча“ – Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, да усвоји овај извештај и подржи избор кандидата **Миливоја Хаџијојића** у звање **научни сарадник**.

У Београду 23.06.2023. године.

Др Марко Ћосић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију,
Универзитет у Београду
Председник комисије.

оближњим максимумима редукованог потенцијала интеракције. На тај начин је објашњена промена дугиног обрасца услед просторне прерасподеле екстремума редукованог потенцијала због присуства структурних дефеката графена. Свака врста дефекта образује јединствен дугин образац. Др Марко Ћосић је уочио да угаона расподела има гребене дуж којих је одброј трансмитованих честица значајан. Др Ћосић је постојање гребена угаоне расподеле објаснио веома малим својственим вредностима Јакобијана закона расејања. Показано је да се на основу угаоног дугиног обрасца могу једнозначно одредити врсте дефеката присутне у графену. Штавише, могуће је одредити и густине непознатих дефеката у моделованом узорку графена.

Кандидат Миливоје Хаџиџић је израчунао спектар Јакобијана закона расејања у релевантним тачкама и нумерички израчунао калибрационе криве које би могле омогућити одређивање густина дефеката графена. Такође, кандидат је подробно изучио утицај критичних тачака редукованог потенцијала интеракције и потврдио хипотезу да су дуге у равни ударног параметра привучене, односно одбијене од стране критичних тачака редукованог потенцијала интеракције. Кандидат је написао прву верзију рада.

V. Оцена Комисије о научном доприносу кандидата, са образложењем:

На основу увида у приложеној документацији Комисија закључује да кандидат **Миливоје Хаџиџић**, истраживач-сарадник, задовољава све потребне квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**.

Научни рад кандидата је изродио четири научна рада, (два рада категорије M21a и два рада категорије M21), једно предавање по позиву на међународном скупу (M31) и четири саопштења са међународних скупова штампаних у целисти или изводу (једно категорије M33 и три саопштења категорије M34). Укупна научна компетентност кандидата Миливоја Хаџиџића је **48**. Према Правилнику о стицању научних звања потребан број бодова за избор у звање научни сарадник је **16**. Комисија констатује да укупан број бодова кандидата увелико превазилази потребне квантитативне норме за избор у звање научни сарадник.

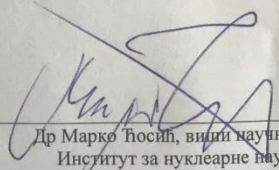
О квалитету резултата научног рада кандидата сведочи просечан импакт фактор по публикацији **6.67**, просечни СНИП фактор износи **1.52** и број M-бодова по научном чланку кандидата је **12**. Радови кандидата су цитирани укупно **7** пута, од чега су **5** хетероцитати. Хиршов индекс кандидата је **2**. Кандидат је показао висок степен оригиналности и самосталности у раду. У радовима кандидат значајно доприноси развоју математичких и физичких модела студираних система, као и обради и тумачењу добијених резултата.

Кандидат је активан је у међународној сарадњи лабораторије кроз учешће у пројекту са Техничким универзитетом у Бечу са насловом „Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале“.

О квалитету рада кандидата Миливоја Хаџиџића сведочи једно предавање по позиву и залагање у образовању научних кадрова кроз студентску праксу студента Бена Салмонда из Универзитета у Стратклиду, Глазгов, Уједињено Краљевство.

Стога, Комисија сматра да кандидат **Миливоје Хаџиџић** задовољава све квантитативне и квалитативне критеријуме за избор у звање **научни сарадник**. Комисија предлаже Научном већу Института за нуклеарне науке „Винча“, да усвоји овај извештај и подржи избор кандидата **Миливоја Хаџиџића** у звање **научни сарадник**.

У Београду 23.06.2023. године.


Др Марко Ћосић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију
Председник комисије.

Табела 1. Преглед квантитативних критеријума кандидата Миливоја Хацијојића за избор у звање научни сарадник.

Назив категорије резултата	Врста резултата	К-вредност	Број радова	Укупно бодова
Радови у међународном часопису изузетних вредности	M21a	10	2	20/20*
Радови у врхунском међународном часопису	M21	8	2	16/16*
Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини	M31	3.5	1	3.5/3.5*
Саопштење са међународног скупа штампано у целини	M33	1	1	1/1*
Саопштења са међународних научних скупова штампаних у изводу	M34	0.5	3	1.5/1.5*
Одбрањена докторска дисертација	M71	6	1	6/6*
Укупно	$\Sigma = M20+M30+M70 = 48/48^*$			

Табела 2. Минимални квантитативни захтев за стицање звања научни сарадник за природно-математичке и медицинске науке.

Услов за избор у звање научни сарадник	Категорије резултата	Неопходни бодови	Остварени бодови
Обавезни (1)	M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	40.5/40.5*
Обавезни (2)	M11+M12+M21+M22+M23	6	36/36*
Укупно		16	48/48*

**Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.*

Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a):

1. М. Ћосић, М. **Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. Chaos **31**, 093115 (2021).
<https://doi.org/10.1063/5.0059093>
ISSN: 1054-1500
Број поена: 10/ 10*
ИФ(2021) = 3.741; ИФ(2020) = 3.642; Physics, Mathematical (4/55);
СНИП = 1.21.
Број хетероцитата = 1.
2. М. Ћосић, М. **Hadžijojić**. *Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube*. Chaos, Solitons & Fractals **166**, 112898 (2023).
<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112898>
ISSN: 0960-0779
Број поена: 10/ 10*
ИФ(2021) = 9.922; Physics, Mathematical (1/56);
СНИП = 2.29.
Број хетероцитата = 0.

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. М. Ћосић, М. **Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov, S. Bellucci. *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow Scattering*. Carbon **145**, 161-174 (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>
ISSN: 0008-6223
Број поена: 8/ 8*
ИФ(2019) = 8.821; Materials Science, Multidisciplinary (32/314);
СНИП = 1.70.
Број хетероцитата = 2.
2. М. **Hadžijojić**, М. Ћосић, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. J. Phys. Chem. C **125**, 38, 21030-21043 (2021).
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>
ISSN: 1932-7447
Број поена: 8/ 8*
ИФ(2021) = 4.177; ИФ(2019) = 4.189; Materials Science, Multidisciplinary (90/314);
СНИП = 0.90.
Број хетероцитата = 2.

Цитираност

Према подацима доступним у Scopus и ORCID базама, кандидат Миливоје Хацијојић има 5 хетероцитата. Хиршов индекс кандидата је $h = 2$. Цитирани радови кандидата наведени у наставку.

1. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov. *Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene*. Chaos **31**, 093115 (2021).
<https://doi.org/10.1063/5.0059093>

Цитиран у раду:

- Despotović, S.Z., Ћосић, М. *The Morphological Analysis of the Collagen Fiber Straightness in the Healthy Uninvolved Human Colon Mucosa Away From the Cancer*. Frontiers in Physics **10**, 915644 (2022).
<https://doi.org/10.3389/fphy.2022.915644>
2. М. Ћосић, **М. Hadžijojić**, S. Petrović, R. Rymzhanov, S. Bellucci. *Investigation of the graphene thermal motion by rainbow Scattering*. Carbon **145**, 161-174 (2019).
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.020>

Цитиран у радовима:

- Starčević, N., Petrović, S. *Universal axial rainbow channeling interaction potential*. European Physical Journal D **77**(4), 61. (2023).
<https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-023-00641-5>
 - Jovanović, Z., Nešković, N., Telečki, I., Ћосић, М., Balvanović, R. *Transmission Studies with Ion Beams within FAMA*. CERN-Proceedings 2021-September, pp. 127-128.
<https://doi.org/10.18429/JACoW-RuPAC2021-FRB07>
1. **М. Hadžijojić**, М. Ћосић, R. Rymzhanov. *Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene*. J. Phys. Chem. C **125**, 38, 21030-21043 (2021).
<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c05971>

Цитиран у радовима:

- Starčević, N., Petrović, S. *Universal axial rainbow channeling interaction potential*. European Physical Journal D **77**(4), 61. (2023).
<https://doi.org/10.1140/epjd/s10053-023-00641-5>
- Despotović, S.Z., Ћосић, М. *The Morphological Analysis of the Collagen Fiber Straightness in the Healthy Uninvolved Human Colon Mucosa Away From the Cancer*. Frontiers in Physics **10**, 915644 (2022).
<https://doi.org/10.3389/fphy.2022.915644>

По класификацији квалитета часописа Министарства просвете науке и технолошког развоја републике просечни број бодова кандидата по библиографској јединици је **4.80**. док је укупан број бодова **48**. Просечни импакт фактор износи **6.67** док је СНИП фактор (Source normalized impact per paper) **1.52**. Укупан импакт фактор радова кандидата је **26.67**. Просечан број коаутора у радовима Миливоја Хацијојића је **3.5**. Преглед укупних библиографских показатеља дат је у следећој табели.

	ИФ	М	СНИП
Укупно	26.67	48 (48*)	6.10
Усредњено по чланку	6.67	12 (12*)	1.52
Усредњено по аутору	9.06	11.77 (11.77*)	2.08

**Нормирање остварених бодова на коауторским радовима према Правилнику о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача.*

Прилози

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ
Број 2632013
Београд, 28. 10. 2013. године

На основу члана 161. Закона о општем управном поступку и члана 4. Правилника о садржају и облику образаца јавних исправа које издају више школе, факултети и универзитети, по захтеву, Јојић (Зоран) Миливоја издаје се следеће

У В Е Р Е Њ Е

ЈОЈИЋ (ЗОРАН) МИЛИВОЈЕ рођен- а 27. 04. 1987. године у Панчеву, Панчево, Србија, уписан-а школске 2006/2007. године на четворогодишње основне академске студије, Студијска група **ФИЗИКА**, смер: Теоријска и експериментална физика, положио-ла је испите предвиђене наставним планом и програмом наведене Студијске групе и завршио-ла студије на Физичком факултету 09. октобра 2013. године, са средњом оценом 9,39 (девет и 39/100) у току студија и постигнутим укупним бројем 240 ЕСПБ (двестачетрдесет ЕСП бодова) и тиме стекао-ла високу стручну спрему и стручни назив

ФИЗИЧАР - ТЕОРИЈСКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФИЗИКА (bachelor with honours)

Уверење се издаје на лични захтев, а служи као доказ о завршеној високој стручној спреми до издавања дипломе.

Уверење је ослобођено плаћања таксе.

Д Е К А Н
ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА



Проф. др Јаблан Дојчиловић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ
UNIVERSITY OF BELGRADE FACULTY OF PHYSICS

Студентски трг 12, 11000 Београд, П.П. 44, Тел: 011-7158-151, Факс: 011-3282-619
Studentski trg 12, 11000 Belgrade, Serbia, POB 44, Tel: +381-11-7158-151, Fax: +381-11-3282-619
www.ff.bg.ac.rs e-mail: dekanat@ff.bg.ac.rs

Број 2452015
Београд, 29.10.2015. године

На основу члана 99. Закона о високом образовању ("Сл. гласник Републике Србије" број 76/05), и члана 9. и 184. Статута Физичког факултета (број 442/1 од 10.10.2006 и дате сагласности Универзитета у Београду број 02 612-1852 од 29.01.2007), у складу са Правилником о садржају и облику образаца јавних исправа које издају високошколске установе ("Сл. гласник Републике Србије" број 21/06, 66/06 и 8/07) издаје се следеће

У В Е Р Е Њ Е

ЈОЈИЋ (ЗОРАН) МИЛИВОЈЕ рођен-а 27. 04. 1987. Године у Панчеву, Панчево, Република Србија уписан-а школске 2013/2014. године, завршио-ла је дипломске академске студије – студије другог степена (мастер) на студијском програму Физичког факултета Универзитета у Београду, смер: ТЕОРИЈСКА И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ФИЗИКА, дана 23. октобра 2015. године, са просечном оценом 9,33 (девет и 33/100) у току студија и постигнутим укупним бројем 60 ЕСПБ (шездесет ЕСП бодова) и тиме стекао-ла високо образовање и академски назив:

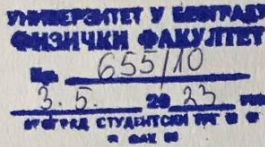
МАСТЕР ФИЗИЧАР

Уверење се издаје на лични захтев, а служи као доказ о завршеној стручној спреми до издавања дипломе.

Д Е К А Н



Проф. др Јаблан Дојчиловић



На основу члана 29 Закона о општем управном поступку («Службени гласник РС» број 18/2016 и 95/2018), и члана 149 Статута Универзитета у Београду - Физичког факултета, по захтеву МИЛИВОЈА ХАЦИЈОЛИЋА, мастер физичара, издаје се следеће

У В Е Р Е Њ Е

МИЛИВОЈЕ ХАЦИЈОЛИЋ, мастер физичар, дана 28. априла 2023. године, одбранио је докторску дисертацију под називом

"ИСПИТИВАЊЕ ДВОДИМЕНЗИОНАЛНИХ КРИСТАЛА
КОРИШЋЕЊЕМ ЕФЕКТА ДУГИНОГ РАСЕЈАЊА"

пред Комисијом Универзитета у Београду - Физичког факултета и тиме испунио све услове за промоцију у ДОКТОРА НАУКА – ФИЗИЧКЕ НАУКЕ.

Уверење се издаје на лични захтев, а служи ради регулисања права из радног односа и важи до промоције, односно добијања докторске дипломе.

Уверење је ослобођено плаћања таксе.



ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ
„ВИНЧА“
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: 013-49-10/2019-000
26.12.2019. године
БЕОГРАД

На основу чланова 76., 85., 86. и 87. Закона о науци и истраживањима („Службени гласник РС“, бр. 49/2019 од 8.7.2019. године) на седници *Научног већа Института за нуклеарне науке „Винча“*, одржаној 26. децембра 2019. године, донета је

О Д Л У К А О СТИЦАЊУ ИСТРАЖИВАЧКОГ ЗВАЊА

Миливоје Хацијојић

стиче истраживачко звање
ИСТРАЖИВАЧ САРАДНИК

О Б Р А З Л О Ж Е Њ Е

Миливоје Хацијојић, сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторије за физику, покренуо је поступак за избор у истраживачко звање **ИСТРАЖИВАЧ САРАДНИК**.

На основу извештаја Комисије за оцену научноистраживачког рада именованог кандидата, формиране од стране Научног већа Института за нуклеарне науке „Винча“ и приложеног изборног материјала, утврђено је да Миливоје Хацијојић испуњава услове из Члана 76. Закона о науци и истраживањима за избор у истраживачко звање **ИСТРАЖИВАЧ САРАДНИК**, па је одлучено као у изреци ове одлуке.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА
ИНСТИТУТА „ВИНЧА“

Др Марија Јанковић, виши научни сарадник



Marija Janovic



ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ "ВИНЧА"
ИНСТИТУТ ОД НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Адреса:
П.фах 522, 11001 Београд
Матични број: 07035250
ПИБ: 101877940

Телефон директор: (011) 3408-104
E-mail: office@vinca.rs

Ваш знак:

Наш знак:

Београд-Винча,

Винча, 11.05.2023. год.

ИЗЈАВА

Потврђујем да је др. Миливоје Хацијојић, истраживач сарадник, стално запослен у Лабораторији за физику Института за нуклеарне науке *Винча*, био сарадник теме *Комплексне и Катастрофичне појаве у Физици и Биологији* у периоду од 2021-2023 године.

руководилац теме
Комплексне и Катастрофичне
појаве у Физици и Биологији

Др. Марко Тосић,
виши научни сарадник

директор института


др. Снежана Пајовић
научни саветник



ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ "ВИНЧА"
ИНСТИТУТ ОД НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Адреса:
П.фах 522, 11001 Београд
Матични број: 07035250
ПИБ: 101877940

Телефон директор: (011) 3408-104
E-mail: office@vinca.rs

Ваш знак:

Наш знак:

Београд-Винча,

Потврда о учешћу на истраживачкој теми

Миливоје Хацијојић, запослен у Лабораторији за физику (Лаб. 010), сарадник је теме „Физика и хемија са јонским сноповима“ у оквиру програма “Наука са акцелераторима и акцелераторске технологије”, у периоду 2021-2023. године.

Руководилац истраживачке теме:

З. Јовановић

Др Зоран Јовановић,
виши научни сарадник

Директор Института

Проф. др Снежана Најовић

Проф. др Снежана Најовић,
Научни саветник





ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ "ВИНЧА"
ИНСТИТУТ ОД НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА ЗА РЕПУБЛИКУ СРБИЈУ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Адреса:
П.фах 522, 11001 Београд
Матични број: 07035250
ПИБ: 101877940

Телефон директор: (011) 3408-104
E-mail: office@vinca.rs

Ваш знак:

Наш знак:

Београд-Винча,

Потврда о учешћу на истраживачкој теми

Миливоје Хацијојић, запослен у Лабораторији за физику (Лаб. 010), ангажован је 1 истраживачки месец на теми „Каналисање наелектрисаних честица у материјалима“ број 0102309 у оквиру програма „Наука са акцелераторима и акцелераторске технологије“.

Руководилац истраживачке теме:

Др Срђан Петровић,
Научни саветник

Директор Института.

Проф. др Снежана Пајовић,
Научни саветник

Институт за нуклеарне науке "Винча"
Лабораторија за физику (010)
П. П. 522, 11001 Београд

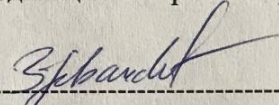
Телефон: (011) 644-7700; Email: zjovanovic@vinca.rs

12. мај 2023. године

ПОТВРДА

Овим потврђујем да је др Миливоје Хацијојић учесник билатералног пројекта «Трансмисија јонских снопова кроз дводимензионалне материјале» између Србије и Аустрије, под деловодним бројем 337-00-577/2021-09/51.

Руководилац билатералног пројекта



Др Зоран Јовановић, виши научни сарадник



VINČA INSTITUTE OF NUCLEAR SCIENCES

Adress:
11001 Belgrade, P.O.Box 522

Phone: (+381 11) 3408-101
Director: (+381 11) 6454-945
Telefax: (+381 11) 3408-787
E-mail: office@vinca.rs

Your ref.

Our ref. 155-2/2018-010

Belgrade-Vinca,
August 02, 2018

CERTIFICATE

This is to certify that **Ben Salmond** from the Department of Physics, University of Strathclyde, United Kingdom, was introduced to the concepts of catastrophe optics and successfully completed all of his tasks during his IAESTE traineeship program under the supervision of Marko Ćosić, PhD, and Milivoje Hadzijojić in the Laboratory of Physics, “Vinča” Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade from July 1st to July 30th, 2018.






Srdjan Petrović, PhD,

Director of the Laboratory of Physics
“Vinča” Institute of Nuclear Sciences

Morphological study of the rainbow scattering of protons by graphene

Cite as: Chaos 31, 093115 (2021); doi: 10.1063/5.0059093
 Submitted: 5 June 2021 · Accepted: 12 August 2021 ·
 Published Online: 14 September 2021



M. Čosić,^{1,2)}  M. Hadžijojčić,¹  S. Petrović,¹ and R. Rymzhanov^{2,3} 

AFFILIATIONS

¹Laboratory of Physics, “Vinča” Institute of Nuclear Sciences—National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, P. O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

²Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie 6, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

³The Institute of Nuclear Physics, Ibragimov St. 1, 050032 Almaty, Kazakhstan

²⁾ Author to whom correspondence should be addressed: mcosic@vinca.rs

ABSTRACT

We have studied metamorphoses of the angular rainbow pattern generated by classical rainbow scattering of protons by graphene. To analyze the rainbow pattern, a morphological method was developed. It focuses on the shape of the rainbow pattern rather than on the exact position of rainbow lines or the particle count. It comprises elements of the catastrophe theory, which provides a local model of the rainbow pattern and the reduced potential and an index theory of algebraic topology that allows the evolution of the rainbow pattern to be linked with bifurcations of critical points of the reduced potential. The obtained insight is summarized into five principles that allow an experimentalist to sketch a qualitatively correct rainbow pattern in the impact parameter plane and the distribution of the reduced potential critical points, just by observing the evolution of the angular rainbows. The morphological method should be applicable for the analysis of all structurally stable patterns in nature.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0059093>

The main goal of our analysis is to show that the shape of the angular distributions of the transmitted ions can be used for the analysis of 2D materials. For this kind of system, angular distributions contain lines along which ion yield is very large (theoretically infinite), which consequently dominantly determine the shape of the angular distribution. Similarly, as in the case of the meteorological rainbow effect, the graphene rainbows are manifestations of the singularities of the differential cross section describing the scattering process. We focus our analysis on the relationship between the shape of the rainbow pattern and the reduced interaction potential. Metamorphoses of the rainbow pattern in the impact parameter plane were investigated and attributed to the bifurcations of the critical points of the rainbow’s line curvature. It will be shown that critical points of the rainbow’s curvature, in the impact parameter plane, are connected with the cusps of the corresponding rainbow line in the scattering angle plane and how to link the change in the number of loops of the angular rainbows to the bifurcations of the reduced potential critical points.

I. INTRODUCTION

It could be said that all scientific activities reduce to analysis of patterns appearing in nature. In an experiment, information about the physical process is translated into the shape of the measured signal. It is not unusual that obtained information is ambiguous, making the scientific work difficult.

Fortunately, there are dynamical systems that are in a certain sense robust. For them, the shape of the measuring signal is very regular and its change follows known laws. One subclass of robust systems is the class of structurally stable systems. Their qualitative behavior is insensitive to large variations of system parameters. However, for critical values of parameters, even an infinitesimal change yields to an abrupt change of the system behavior called the catastrophic change.¹

Although this description seems abstract, structurally stable systems are often encountered in the area of particle scattering. The scattering process can be understood as a map of the particle’s initial position to the scattering angle generated by the particle trajectory. Many different particles are often mapped to the same



Contents lists available at ScienceDirect

Chaos, Solitons and Fractals

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chaos

Nonlinear dynamics of positron resonances in a carbon nanotube

M. Ćosić*, M. Hadžijojić

Laboratory of Physics, Vinča Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

ARTICLE INFO

Keywords:

Dynamics of resonant states
 Pattern formation
 Coordinated self-interference
 Channeling phenomena
 Nanotubes

ABSTRACT

We have investigated long-time dynamics of the transverse resonant states occurring in positron transmission through a chiral single-wall carbon nanotube in the channeling mode. This was done by a detailed analysis of quantum carpet, generated by the interference of the resonant states. We found that structure of the carpet depends strongly on the width of the initial wave packet. In the case of the narrow wave packet obtained carpet is periodic and very regular, woven by full and fractional wave packet revivals. Close to every fractional revival additional repeated and inverted reconstructed patterns were observed which do not exist in carpets for a particle in a sealed box. In the case of the wide wave packet, we were able to recognize motifs that repeat approximately, and conclude that dynamics, in this case, is quasi-periodic. This peculiar behavior was traced back to the level of coordination between fluctuations of resonances amplitude and phase functions.

1. Introduction

The most striking feature of quantum dynamics is its ability to reconstruct the original wave packet and replicate it in a regular fashion, known as full and fractional quantum revivals. At first, it was predicted that revivals occur only in systems where energies of the bound states depend quadratically on the principal quantum number [1], for which wave packet dynamics is periodic. Later it was shown that quantum revivals occur for arbitrary potential and are only first in the hierarchy of the revival effects associated with the cubic, quartic, and higher terms of the energy's dependency on the quantum number [2,3].

A pattern formed by all wave revivals in succession is known as quantum carpet [4]. It was observed in optics [5,6], Bose-Einstein condensates [7], cold-atoms waves [8], multitude wave guides [9], and even in propagation of water waves [10]. Newer studies revealed the existence of exotic quantum carpets. Such is a carpet rolled up into a cylinder [11], a spatial analog of the carpet repeating in two directions [12], or 2D ring-shaped quantum carpet produced by light beams of certain topological charges [13]. It has been shown that even interference of the unstable resonant states produces quantum carpets [14,15].

In all mentioned examples, carpets were formed by a discrete superposition of waves, whose phases are exactly quadratic functions of the summing index, which in the short-wavelength limit behave isochronously. This enabled explanation of the carpet structure by properties of Gauss' sums of the number theory [1,16]. Studies of the quantum carpets generated by an-isochronous systems are quite

less numerous. Small relativistic corrections to the structure of the canonical quantum carpet were reported in Ref. [17]. Carpet formation in quartic potential was reported in Ref. [18]. Authors of Ref. [19] have investigated a carpet made by coherent evolution of several mutually-interacting fermions confined in a box, while experimental observation of carpet formed in a waveguide with the refractive index of Mikaelian lens is reported in Ref. [20]. Deterioration of the canonical carpet in the tilted optical lattice governed by the nonlinear Schrödinger equation was analyzed in Ref. [21].

None of these studies deals primarily with the structure of the non-canonical quantum carpets nor have they investigated its dynamics beyond the first approximate period. On the other hand, the shape of the quantum carpet is very important. Changes in the carpet's shape enable the determination of the topological charge of optical vortices [22]. The regularity of the fractional revivals – which in the case of the canonical carpet occur for every rational multiple of the revival time – can be used for prime number factorization implemented with the speed of light [23,24]! Here, the alteration of the carpet's shape is directly related to the error of the obtained prime factors. In Ref. [25] ability of the quantum carpet to perform spatial modulation was used to map the state of the quDit (a quantum memory cell with D internal states) into a fractional revival pattern consisting of D copies of the original packet. Its subsequent uninterrupted evolution was used to implement all basic single-quDit operations. In these settings, alteration of the carpet shape directly determines the fidelity of quantum information processing.

* Corresponding author.

E-mail address: mcosic@vinca.rs (M. Ćosić).<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112898>

Received 16 September 2022; Received in revised form 10 November 2022; Accepted 12 November 2022

Available online 25 November 2022

0960-0779/© 2022 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Contents lists available at ScienceDirect

Carbon

journal homepage: www.elsevier.com/locate/carbon



Investigation of the graphene thermal motion by rainbow scattering

M. Ćosić^{a,*}, M. Hadžijović^a, R. Rymzhanov^{b,c,d}, S. Petrović^a, S. Bellucci^e

^a Laboratory of Physics, Vinča Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, P. O. Box 522, 11001, Belgrade, Serbia

^b Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie 6, 141980, Dubna, Moscow Region, Russia

^c The Institute of Nuclear Physics, Ibragimov St. 1, 050032, Almaty, Kazakhstan

^d L. N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev St. 2, 010008, Astana, Kazakhstan

^e INFN - Laboratori Nazionali di Frascati, I-00044, Frascati, Rome, Italy



ARTICLE INFO

Article history:
Received 14 November 2018
Received in revised form
28 December 2018
Accepted 5 January 2019
Available online 9 January 2019

Keywords:
Graphene
Graphene nanoribbon
Rainbow scattering
Thermal motion
Molecular dynamics

ABSTRACT

The thermal motion of graphene atoms was investigated using angular distributions of transmitted protons. The static proton-graphene interaction potential was constructed applying the Doyle-Turner's expression for the proton-carbon interaction potential. The effects of atom thermal motion were incorporated by averaging the static proton-graphene interaction potential over the distribution of atom displacements. The covariance matrix of graphene displacements was modeled according to the Debye theory, and calculated using Molecular Dynamics approach. Proton trajectories were used for construction of angular yields. We have found that there are lines, called rainbows, along which the angular yield is very large. Their evolution in respect to different sample orientation was examined in detail. Further we found that atom thermal motion has negligible influence on rainbows generated by protons experiencing distant collisions with the carbon atoms forming the graphene hexagon. On the other hand, rainbows generated by protons experiencing close collisions with the carbon atoms can be modeled by ellipses whose parameters are very sensitive to the structure of the covariance matrix. Numerical procedure was developed for extraction of the covariance matrix from the corresponding rainbow patterns in the general case, when atoms perform fully anisotropic and correlated motion.

© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

The rainbow effect occurs if particles from neighbouring sections of the impact parameter plane are scattered to the same section of the scattering angle plane. As a consequence, the differential cross-section becomes infinite along certain lines, called rainbows. In 1986, it was predicted that rainbow effect occurs in the classical axial transmission of protons through a very thin Si crystal [1]. The effect, named the crystal rainbow effect, was experimentally verified soon after that [2]. Later, it was shown that the rainbow effect appears also in ion transmission through thicker crystals [3]. Detailed theoretical studies of the rainbows in ion transmission through nanotubes [4] and graphenes [5] have been published.

Transmission of ions through crystals, and nanotubes have large number of potential applications [6–8]. Material analysis plays crucial part in development of new technologies. It has been shown

that rainbow scattering could be used for that purpose. Rainbow lines were used for construction of the accurate proton-Si interaction potential [9]. In the case of carbon nanotubes, theoretical studies showed that rainbows could be used for characterization of the nanotube bundles [10,11], determination of the radius and length of the nanotube [12], and for identification of the type and linear density of the aligned Stone-Wales defects [13]. In Ref. [5] it has been suggested that rainbow lines could also be used for determining the Debye-Waller form factor for atoms in the graphene and other similar materials.

Nowadays existing and emerging nanotechnologies try to harness exceptional properties of various nanostructured materials such as very thin crystals, nanotubes or graphene. Some of exotic graphene thermal properties are extremely high thermal conductivity [14], and a large near-field radiative heat transfer [15] which can be several order of magnitude larger than limit set by the Stefan-Boltzmann law. Many of the thermal properties of graphene are shared with graphite and stem out of its anisotropy [16]. The lattice vibrations (phonons) determine the specific heat of graphene [17,18]. The peculiar thermal properties of graphene can be connected with corresponding specific lattice vibrations [19]. The

* Corresponding author.
E-mail address: mccosic@vinca.rs (M. Ćosić).

Morphological Analysis of the Rainbow Patterns Created by Point Defects of Graphene

M. Haždijović,* M. Ćosić, and R. Rymzhanov

Cite This: *J. Phys. Chem. C* 2021, 125, 21030–21043

Read Online

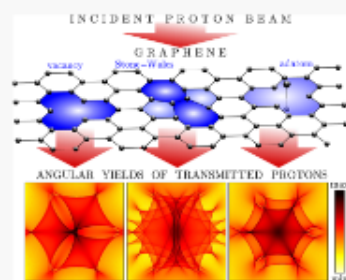
ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

Supporting Information

ABSTRACT: We have investigated the transmission of the 5 keV proton beam through a graphene sheet containing monovacancy, adatom, and Stone–Wales defects. The proton–graphene interaction potential was constructed using the Doyle–Turner’s proton–carbon interaction potential. The closed form of the scattering law was obtained using the momentum approximation. Angular distributions of the transmitted protons were analyzed using the morphological method based on the inspection of the rainbow patterns in the impact parameter and scattering angle planes generated by the rainbow scattering. We have demonstrated that rainbows in the impact parameter plane are attracted and repelled by the nearest saddles and maxima of the reduced proton–graphene interaction potential. This explains why the rainbow pattern is so sensitive to the redistribution of the potential extrema caused by defects. Each defect type produces its distinctive rainbow pattern that dominantly determines the shape of the angular distribution. The ridge maxima of the angular distributions were investigated and related to the spectrum of the Jacobian matrix of the map generated by the scattering law. In the end, it has been shown how observed rainbow patterns could be used to determine the unknown defect densities of the complicated sample containing a combination of the different defect types.



1. INTRODUCTION

Graphene, effectively a single sheet of graphite, is a two-dimensional material formed by periodic repetition of the rhombic unit cell containing two carbon atoms.¹ In real samples, the perfect ordering of the ideal graphene is often broken by defects. Any local alteration of the carbon atom arrangement is known as the point defects that are classified into three main types: vacancies, adatoms, and topological defects.^{2,3} Besides point defects, a graphene sample may contain defects of the dimensionality one. The simplest line defect is a dislocation line that represents the insertion of the semi-infinite graphene strip terminated on its boundary by the pentagon–heptagon pair.³ More generally, alignment and interaction of the point defects create a line defect that allows the simultaneous existence of local domains of the differently orientated graphene patches.³ For any finite graphene sheet, there are many different ways how edge atoms can be reconstructed to minimize the number of dangling bonds which are known as edge-line defects.³

Defects are very important since they can degrade greatly the outstanding mechanical and electrical properties of the perfect graphene samples.^{2–5} The defects can also play a constructive role since the controlled introduction of defects allows the tailoring of the graphene-based device to fit a particular need. Therefore, the characterization of the graphene defects is of extreme importance for the graphene-based nanotechnology of the future. The most common methods for the characterization of graphene defects are micro-Raman

spectroscopy, tip-enhancement near-field spectroscopy (TENS), and aberration-corrected high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM).

Raman scattering gives information about rotational and vibrational spectra of molecules of the examined sample. Thus, detection of the characteristic vibrating mode gives information about the quality of the crystalline samples and the abundance of the disordered phase being amorphous, polycrystalline, or caused by the presence of defects. Raman spectroscopy is simple, readily available, and a nondestructive technique and often the method of choice. However, even with the most advanced version of this technique, it is often impossible to distinguish the different types of defects.^{4,6,7}

The recently developed TENS technique utilized the antenna function of the sharp probe (often on the atomistic scale) to record the near-field coupling of the light with the vibrational modes of the examined material. However, similarly, with Raman microscopy, it is difficult to distinguish between different types of defects using this technique.⁴

Received: July 5, 2021

Published: September 15, 2021



Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (M31):



31st Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases

Dr. Milivoje Hadžijojić

Belgrade, April 7th, 2022

Dear Dr. Hadžijojić,

On behalf of the Scientific and Organizing Committees, it is our pleasure to invite you to attend the *31st Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases* (SPIG 2022) and present a **Progress report**.

The SPIG 2022 will be held from September 5th to 9th, 2022 in Belgrade, Serbia. The details of the conference are available at official website: <http://spig2022.ipb.ac.rs/>. Please note that due to the limited conference budget, the SPIG2022 organizers will try to provide partial support to students and early stage researchers, as well as colleagues from economically less privileged countries. Thank you for your understanding and support.

We look forward to welcoming you to Belgrade.

Yours sincerely,

Dragana Ilić
(Co-Chair of the Scientific Committee)

Bratislav Obradović
(Co-Chair of the Loc. Org. Committee)

Vladimir Srećković
(Co-Chair of the Scientific Committee)

Jovan Cvetić
(Co-Chair of the Loc. Org. Committee)

SPIG 2022 Organizers:
University of Belgrade - School of Electrical Engineering
University of Belgrade - Faculty of Physics
Serbian Academy of Science and Arts

**STUDY OF GRAPHENE
BY RAINBOW SCATTERING EFFECT**

M. HADŽIJOJIĆ¹ and M. ČOSIĆ²

*Laboratory of Physics, "Vinča" Institute of Nuclear Sciences
National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade,
P. O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia*

¹*E-mail milivoje@vin.bg.ac.rs*

²*E-mail mcosic@vinca.rs*

Abstract. We have studied transformations of the rainbow pattern generated by the classical rainbow scattering of protons by graphene. Change in the interaction potential transforms rainbow pattern and corresponding angular proton yield. By studying morphological properties of the rainbow pattern it is possible to determine covariance matrix of atomic thermal displacements and characterize point defects present in graphene.

1. DYNAMICS OF PROTON RAINBOW SCATTERING

These are results of proton rainbow transmission through graphene. Selected proton energy is 5 keV. Associated proton de Broglie wavelength of 4.0476×10^{-4} nm is negligible compared to the distance of adjacent carbon atoms. Hence diffraction effects can be neglected and proton trajectories are well approximated by solutions of the classical equations of motion. According to the Ziegler-Biersack-Littmark theory of energy loss, the total proton energy loss and scattering angle dispersion due to interaction with electrons are small compared to the detector resolutions and can be neglected. Probability for neutralization of 5 keV proton is approximately 40%. In calculations we neglected neutralization. Hence calculated and measured angular yields are not comparable unless electrostatic analyzer is implemented to ensure detection of non-neutralized protons only. Let us define the coordinate system such that z-axis coincides with the direction of the proton beam. Direction of the proton beam relative to normal on the crystal surface is specified by polar and azimuthal angles θ and ϕ . Proton-atom interaction potential was constructed by averaging static Doyle-Turner's proton-atom interaction potential over the distribution of thermally induced atom displacements. The covariance matrix of atomic thermal displacements Σ was modeled by Debye theory, and calculated using Molecular Dynamics approach. More realistic model of graphene thermal motion was constructed using Molecular Dynamics. Let

**BOHMIAN DYNAMICS OF POSITRONS CHanneled THROUGH A
CHIRAL CARBON NANOTUBES**

M. ĆOSIĆ¹, M. HADŽIJOJIĆ¹ and N. NEŠKOVIĆ²

¹Laboratory of Physics, "Vinča" Institute of Nuclear Sciences, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, P. O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

²World Academy of Art and Science, Napa, California, USA

E-mail mcosic@vinca.rs

Abstract. The framework of the dynamical system theory was used for studying the dynamics of the quantum positron trajectories channeling through a chiral carbon nanotube. Obtained insight was used to explain the pattern-forming ability of the quantum self-interference.

1. INTRODUCTION

We shall analyze a dynamic of the quasi-parallel positron beam, of energy $E_k = 2$ MeV, transmitting through a chiral single-wall-carbon-nanotube (SWCNT) of chiral indices (11, 9). The circumference of this SWCNT consists of 602 atomic string pairs Saito et al. 1998. Consequently, positron-nanotube interaction potential is axially symmetric. If the linear momentum of the incoming positron is parallel to the SWCNT axis it will undergo through a series of correlated small-angle scatterings. As a result, longitudinally averaged SWCNT potential gently steers trajectories of these so-called *channeled* particles, Gemmell 1974.

Let us introduce Descartes's coordinate axis whose z-axis coincides with the SWCNT's axis. The $y = 0$ cross-section of the SWCNT potential is given by the following expression, (see Artru et al. 2005)

$$V(x) = \frac{8e^2R}{\sqrt{3}\varepsilon_0l^2} \sum_{s=1}^3 \alpha_s \begin{cases} I_0\left(\beta_s \frac{|x|}{a_{TF}}\right) K_0\left(\beta_s \frac{R}{a_{TF}}\right), & \text{for } |x| \leq R, \\ K_0\left(\beta_s \frac{|x|}{a_{TF}}\right) I_0\left(\beta_s \frac{R}{a_{TF}}\right), & \text{for } |x| > R, \end{cases} \quad (1)$$

here e and ε_0 are elementary charge and vacuum permittivity, $R = 0.69$ nm and $l = 0.144$ nm are SWCNT's radius and C-C bond length (see Saito et al. 1998), α_s , β_s , and $a_{TF} = 0.0258$ nm are Molière's universal fitting parameters and

Саопштења са међународних научних скупова штампаних у изводу (M34):

Scientific Program

2nd International Webinar on Quantum Physics and Nuclear Technology

Poster Presentations

- | | |
|---------------|--|
| 16:55 - 17:10 | Fractal Analysis of Surface Roughness of TiO ₂ Nanofilms Grown by Reactive DC Magnetron Sputtering
H. Cristina Vasconcelos , NOVA University Lisbon, Portugal |
| 17:10 - 17:25 | Advances in Quantum Metrology for Precise Measurement
Arunava Majumder , Indian institute of technology Kharagpur, India |
| 17:25 - 17:40 | An Approach for Unity Field theory with new Quantum Vacuum Energy Aether Concept
Stephane Neuville , Le Plessis-Belleville, France |

End of Day 1

Tuesday
November 16, 2021

Day 2 - November 16, 2021

Keynote Presentations

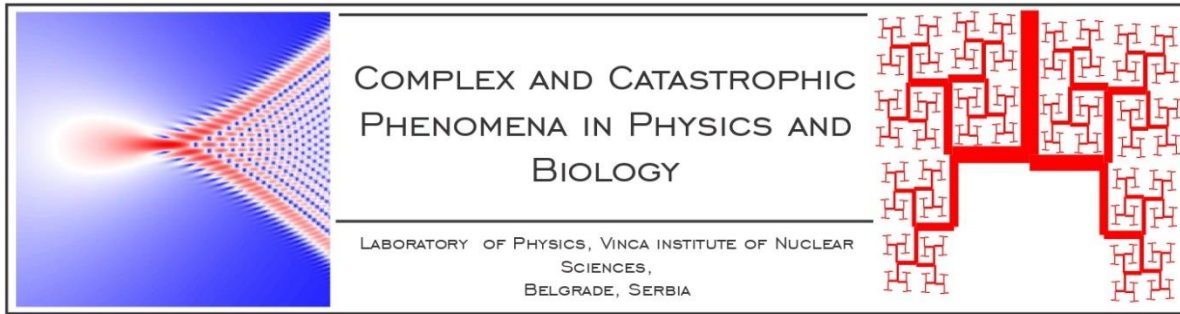
- | | |
|---------------|--|
| 11:00 - 11:30 | Is there a force system in the universe that opposes supergravity, quantum gravity, strong force, weak force and universal gravity? A Big Attempt to Open up A New World of Physics
Li Zongcheng , Soochow University, China |
|---------------|--|

Oral Presentations

- | | |
|---------------|---|
| 11:30 - 11:55 | Evolution of 3D/4D Printing and Laser Additive Manufacturing
Shamoon Al Islam , China University of Geosciences, China |
| 11:55 - 12:20 | New Diode Laser Lithotription Technique Based On Optothermal Converter
Evgeny Grebenkin , Privolzhsky Research Medical University, Russia |
| 12:20 - 12:45 | Study Magnetics & electronics Proprieties of EuNbO ₃ Perovskites: DFT+U, mBJ
Khaoula Djabri , University USTO-MB Oran, Algeria |
| 12:45 - 13:10 | Bohmian dynamics of positrons channeling through a chiral carbon nanotube
M. Ćosić , Vinča Institute of Nuclear Sciences -National Institute of Serbia |
| 13:10 - 13:35 | Conservation laws in the modern string theory for force fields and nuclear matter
Ivanov Mikhail Jakovlevich , Central Institute of Aviation Motors, Russia |

Lunch Break (13:35 - 14:00)

- | | |
|---------------|---|
| 14:00 - 14:25 | Improving the Reliability Design of Mechanical Systems such as Refrigerator
Seongwoo Woo , Ethiopian Technical University, Ethiopia |
| 14:25 - 14:50 | Quantum Chronoentropics: A Gauge Model for Time and Entropy Explaining the Relationship Between the Time Asymmetry and the Entropic Thermodynamic Arrow
Koustubh Ajit Supriya Kabe , Mumbai University, India |
| 14:50 - 15:15 | Optical investigations of the sub-structural nano-formations in ferrite-garnet thin films
Vadim Koronovskyy , Taras Shevchenko Kyiv National University, Ukraine |



Coordinated self-interference of wave packets: a new route towards classicality for structurally stable systems

Marko Ćosić, Srđan Petrović, and Milivoje Hadžijojić

*Laboratory of Physics, "Vinča" Institute of Nuclear Sciences
National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade,
P. O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia*

2nd Webinar on Quantum Mechanics **iquantum-2021**
Exploring the New Heights of Excellence in Quantum Mechanics

CERTIFICATE

confirms that

Mr.

Milivoje

Jojić

participated in the XXII International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2018) organized by the Joint Institute for Nuclear Research with a talk.

Alexander Verkheev

Chairman of the Organizing Committee



23— 27 April 2018

Joint Institute for Nuclear Research

МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
INTERNATIONAL INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATION



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
UNIVERSITY CENTRE

Дубна Московской области Россия 141980

Fax: (7-49621) 6-58-51

Tel.: (7-49621) 6-50-89

E-mail: uc@jinr.ru

Dubna Moscow Region Russia 141980

ULR: http://uc.jinr.ru

To whom it may concern

Dear Sirs,

This is to certify that **Mr. Milivoje Jojić** participated in Stage 3 of the International Student Practice in JINR Fields of Research held in Dubna, Russia, on 09-29 September 2018.

Director

Dr Dmitry Kamanin

