

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Тијане Ђорђевић, дипломираног физичара

На V редовној седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 03.03.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Тијане Ђорђевић, дипломираног физичара, под називом: „Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама“ из научне области „Квантна, математичка и нанофизика“.

Извештај Комисије за оцену испуњености услова и оправданост предложене теме за израду докторске дисертације Тијане Ђорђевић под наведеним насловом је усвојен на I редовној седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржаној 26.10.2016. године. На основу те одлуке, Веће научних области природно-математичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 14.11.2016. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Пошто смо прегледали поднети материјал и анализирали докторску дисертацију кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Тијана Ђорђевић (до 25.10.2015. Маринковић) рођена је 06.08.1984. године у Сабрати, Либија. Основну школу завршила је у Сикирици, општина Параћин, а Математичку гимназију (прва три разреда) у Београду.

Дипломирала је 11.07.2013. године на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, са просечном оценом 8.85 у току студија, и оценом 10 на дипломском раду под називом „Оптичке и диелектричне особине танких слојева оксида титана“. Његовом израдом руководио је др Давор Перушко, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“. Исте године уписала је докторске академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Од 01.12.2013. године запослена је у Лабораторији за атомску физику (040) Института за нуклеарне науке „Винча“. На седници Научног већа Института за нуклеарне науке „Винча“ одржаној 14.05.2015. године изабрана је, а на седници одржаној 19.07.2018. године реизабрана је у истраживачко звање истраживач сарадник.

У периоду од 01.02. до 11.02.2016. године била је учесник Зимске школе у Ајдовшчини (Словенија) у склопу COST акције MP1306 под називом „Modern Tools for Spectroscopy on Advanced Materials: a European Modelling Platform“.

Била је и учесник пројекта под називом „Теоријско истраживање интеракција наелектрисаних честица са графеном“, у оквиру програма билатералне научне и технолошке сарадње између Републике Србије и Народне Републике Кине за период 01.10.2015. - 30.09.2017. године, чији је руководилац са српске стране др Иван Радовић, научни саветник

Института за нуклеарне науке „Винча“. Тренутно је учесник пројекта под називом „Теоријско истраживање интеракција јона са графеном и графен/изолатор/графен композитима“, у оквиру програма билатералне научне и технолошке сарадње између Републике Србије и Републике Хрватске за период 01.05.2019. - 30.04.2021. године, чији је руководилац са српске стране др Иван Радовић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“.

1.2. Научна активност

Научноистраживачки рад Тијане Ђорђевић одвијао се под менторством др Ивана Радовића у оквиру Лабораторије за атомску физику Института за нуклеарне науке „Винча“. Од децембра 2013. године до децембра 2019. године била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, под називом „Физички процеси у синтези нових наноструктурних материјала“ (ОИ 171023) чији су руководиоци били др Давор Перушко, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“, а потом др Сузана Петровић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“. Од јануара 2020. године учествује на пројекту Института за нуклеарне науке „Винча“ под називом „Нови материјали и нанонауке“.

Област истраживања Тијане Ђорђевић везана је за интеракције наелектрисаних честица са наноструктурним материјалима, као и на депоновање и карактеризацију танких слојева са посебним акцентом на испитивање њихових оптичких особина.

Тијана Ђорђевић је примарно ангажована на теоријском испитивању интеракција наелектрисаних честица са наноструктурним материјалима, конкретно са графеном. У радовима везаним за ову тему и објављеним у протеклом периоду испитује интеракције наелектрисаних честица (јона и јонског пара) са графеном на полубесkonaчној изолаторској подлози, као и са два слоја графена између којих се налази танак изолаторски слој. Део објављених резултата представља саставни део докторске дисертације.

2. Опис предатог рада

2.1. Основни подаци

Докторска дисертација кандидата Тијане Ђорђевић, дипломираног физичара, под називом: „**Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама**“, урађена је под менторством др Ивана Радовића, научног саветника Института за нуклеарне науке „Винча“. Он испуњава све услове прописане за менторство и именован је за ментора одлуком Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 26.10.2016. године.

Докторска дисертација је написана на српском језику на 88 страна, не рачунајући насловну страну, захвалнице, резиме, садржај, биографију аутора и изјаве. Докторска дисертација је подељена у 8 глава, садржи 30 слика и у библиографији је наведено 108 референци.

Резултати приказани у тези објављени су у једном раду у часопису *Ultramicroscopy* [1], једном раду у часопису *Physical Review B* [2], и једном раду у часопису *Plasmonics* [3].

2.2. Предмет и циљ рада

Необичне особине плазмона (колективних електронских побуђења) у графену привлаче значајну пажњу задњих година, и са експерименталне и са теоријске тачке гледишта. Густину допирања графена је могуће контролисати помоћу спољашњег напона *gate*-а, што отвара могућности за електростатичку контролу његових електронских и оптичких особина, и чини, између осталог, графен идеалним материјалом за веома актуелно поље плазмонице, односно за примене у плазмоници на терахерц (*THz*) и инфрацрвеним (*IR*) учестаностима.

Независно од тога да ли је графен допиран или није, приликом динамичке поларизације на високим учестаностима доминантни су високоенергијски међузонски прелази електрона који се у литератури често називају π и $\pi+\sigma$ плазмони. Код допираног графена се на ниским учестаностима појављује и колективни мод који носи назив *Dirac*-ов или 2Д плазмон.

У плазмонским уређајима графен (или слојеви графена) окружен је поларним изолаторским слојевима који често подржавају јаке *Fuchs-Kliwer*-ове (*FK*), односно површинске оптичке фононске модове у области учестаности које су од интереса за технолошку примену. Поменути фононски модови представљају ефикасно средство за пригушење *Dirac*-ових плазмона. Такође, може доћи и до њихове јаке хибридизације са *Dirac*-овим плазмоном у оближњем слоју графена. Та плазмон-фонон хибридизација може потпуно да промени дисперзију колективних модова у графену и да значајно утиче на примену плазмонских уређаја заснованих на графен-изолаторским слојевима.

Први циљ докторске дисертације представља проучавање хибридизације *Dirac*-овог плазмона у графену и површинских оптичких фононских модова у изолаторском слоју који га окружује. Упадни јон се може искористити за испитивање поменуте хибридизације и у том контексту се у тези проучавају ефекти који се јављају приликом интеракције наелектрисане честице са слојевитим структурама које садрже графен. У циљу испитивања *Coulomb*-ових интеракција које се јављају у овом случају, развијен је математички модел заснован на решавању *Poisson*-ове једначине методом *Green*-ових функција. Метод *Green*-ових функција се показао као погодан за решавање услова на граници две средине са различитим диелектричним особинама. Поменути метод се може израчунати индуковани електростатички потенцијал, а на основу њега се могу израчунати по дефиницији све величине које карактеришу интеракције наелектрисаних честица са посматраним системима.

У оквиру дисертације је израчуната *Green*-ова функција за двослојне структуре са и без уметнутог слоја графена, као и трослојне структуре у случајевима са једним, два или без уметнутог слоја графена. Посматрани су системи графен/ SiO_2 и графен- Al_2O_3 -графен.

Једна од најчешће коришћених експерименталних техника за проучавање електронских и плазмонских особина материјала, међу којима је и графен, јесте спектроскопија енергијског губитка електрона (*EELS* – *Electron Energy Loss Spectroscopy*). Нарочито је погодна за испитивање колективних електронских побуђења (плазмона) у графену јер омогућава испитивање плазмона у широком опсегу учестаности, од *IR* (где доминира *Dirac*-ов плазмон, односно нискоенергијски унутарзонски прелази) до ултраљубичастих (*UV*) учестаности (где доминирају π и $\pi+\sigma$ плазмони, односно високоенергијски међузонски прелази).

Други циљ докторске дисертације представља теоријско (аналитичко) моделовање *EELS* спектра, као и поређење теоријских модела са доступним експериментално добијеним *EELS* спектрима.

2.3. Публикације чији су резултати приказани у дисертацији

У овој докторској дисертацији приказани су резултати три рада (од којих један припада категорији M21a, а друга два M21):

1. T. Đorđević, I. Radović, V. Despoja, K. Lyon, D. Borcka and Z. L. Mišković
Analytical modeling of electron energy loss spectroscopy of graphene: *Ab initio* study versus extended hydrodynamic model
Ultramicroscopy **184** (2018) 134–142
Категорија часописа: M21a
Импакт фактор 2.843 (2016)
ISSN: 0304-3991
DOI: 10.1016/j.ultramic.2017.08.014
2. V. Despoja, T. Đorđević, L. Karbunar, I. Radović and Z. L. Mišković
***Ab initio* study of the electron energy loss function in a graphene-sapphire-graphene composite system**
Physical Review B **96** (2017) 075433 (1-17)
Категорија часописа: M21
Импакт фактор 3.836 (2016)
ISSN: 0375-9601
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.075433
3. T. Marinković, I. Radović, D. Borcka and Z. L. Mišković
Probing the plasmon-phonon hybridization in supported graphene by externally moving charged particles
Plasmonics **10** (2015) 1741–1749
Категорија часописа: M21
Импакт фактор 2.738 (2013)
ISSN: 1557-1955
DOI: 10.1007/s11468-015-9993-3

2.4. Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Ова докторска дисертација је подељена у осам глава. У првој глави је дат општи увод у коме је представљен преглед доступне литературе везане за графен и његову интеракцију са наелектрисаним честицама, као и мотивација за истраживања приказана у дисертацији. Након изложене мотивације дат је кратак приказ кључних резултата.

У другој глави је дат кратак преглед основних физичкохемијских особина графена и високоенергијских и нискоенергијских плазмона у графену, као и опис *Fuchs-Kliewer*-ових фонона у поларним изолаторским слојевима и ефекта таласа.

У трећој глави ове дисертације је развијен теоријски модел базиран на решавању *Poisson*-ове једначине методом *Green*-ових функција и изведене су *Green*-ове функције за случај двослојне структуре без графена и са укљученим слојем графена, као и за случај трослојне структуре без графена и са укључена два слоја графена.

У четвртој глави је представљен теоријски (аналитички) модел *EELS* спектра за случај интеракције наелектрисане честице са „слободним“ графеном. Изведени су изрази за

енергијски губитак наелектрисане честице, као и израз за густину вероватноће за губитак енергије (поглавље 4.1). У поглављу 4.2 је представљен проширени (*extended*) хидродинамички (eHD) модел.

Комплетни резултати су приказани у петој глави. У поглављу 5.1 су анализирани ефекти који се јављају приликом интеракције наелектрисане честице која се креће паралелно са системом графен/SiO₂ супстрат и узрокује плазмон-фонон хибридизацију *Dirac*-овог плазмона у графену и површинских оптичких фонона супстрата. Разматрани су случајеви за више брзина v које су реда величине *Fermi*-јеве брзине у графену v_F . Посебно је испитиван утицај густине допирања графена на поменуте ефекте. Закључено је да постоји комплексна веза између густине допирања графена, брзине честице и њеног растојања од графена. Ефекти плазмон/фонон хибридизације постају израженији са повећањем растојања честице од графена и при нижим густинама допирања.

Такође је проучаван ефекат таласа, тј. анизотропних осцилација које могу да се јаве у индукованом потенцијалу који прати честицу. За побуђивање *Dirac*-овог плазмона у графену на статичком супстрату а самим тим и појаву ефекта таласа, неопходно је да брзине честице буду веће од v_F . Са друге стране, показано је да је у случају графена на супстрату који подржава фононе могућа појава ефекта таласа у индукованом потенцијалу и при брзинама честице мањим од v_F . Индуковани потенцијал сада има знатно већи домет од случаја када је супстрат статички. У овом случају плазмон-фонон хибридизација има мали утицај на зауставну силу и силу лика при брзинама честице $v < v_F$. Зауставна сила је приметно већег интензитета од статичког случаја при брзинама $v > 2v_F$, док је код силе лика ово случај за брзине честице $v > 5v_F$.

У поглављу 5.2 испитивана је плазмон-фонон хибридизација у систему графен-Al₂O₃-графен, као и у системима графен-Al₂O₃-вакуум и вакуум-Al₂O₃-графен. Израчуната је диелектрична функција система графен-Al₂O₃-графен. У оквиру апроксимације случајних фаза нискоенергијске побуде електрона у π зони су апроксимирани безмасеним *Dirac*-овим фермионима (тзв. *MDF-RPA* метод). Применом *MDF-RPA* методе у оптичком лимиту као и *Drude*-овог модела израчунате су дисперзионе криве настале плазмон-фонон хибридизацијом. Израчунат је спектар енергијских губитака електрона ових система добијен помоћу *MDF-RPA* метода и добијени резултати су поређени са резултатима које је доц. др Вито Деспоја израчунао користећи *ab initio RPA* метод. Показано је доста добро слагање између резултата добијених *MDF-RPA* методом и *ab initio RPA* методом за вредности таласног броја до приближно 0.3 nm^{-1} (одговара вредности *Fermi*-јевог таласног броја графена k_F допираног до *Fermi*-јеве енергије $E_F = 0.2 \text{ eV}$). У оквиру *MDF-RPA* метода и *ab initio RPA* метода у оптичком лимиту, добијени су резултати који се одлично слажу за вредности таласног броја q до 0.1 nm^{-1} . У оба модела је добијен спектар са јасно видљивим модовима насталим плазмон-фонон хибридизацијом. Природа ових модова је даље испитивана поређењем са дисперзионим кривама добијеним оптичким *MDF-RPA* методом у коме је урачуната проводност графена без пригушења, као и диелектрична функција комадног Al₂O₃ која подржава два трансферзална оптичка фонона.

Дисперзионе криве добијене *MDF-RPA* методом у оптичком лимиту одлично описују плазмон-фонон хибридизацију у графен-Al₂O₃-графен систему за $q \leq 0.1 \text{ nm}^{-1}$, што иде у прилог валидности семи-класичног *MDF-RPA* метода у оптичком лимиту. Са друге стране,

показано је да коришћење само *Drude*-овог доприноса проводности графена даје добре резултате за $q \leq 0.01 \text{ nm}^{-1}$. Са порастом таласног броја (за вредности $q \geq k_F = 0.3 \text{ nm}^{-1}$) *Dirac*-ов плазмон улази у зону *Landau*-овог пригушења и долази до његовог слабљења, док за исте вредности таласног броја долази до појаве модова налик на фононске. Енергије ових фононских модова одговарају површинским *Fuchs-Kliwer*-овим фононима Al_2O_3 , које графен сада само делимично екранира.

Поглавље 5.3 садржи резултате везане за теоријско моделовање π и $\pi+\sigma$ плазмона, односно поређење различитих теоријских модела са доступним експериментално добијеним *EELS* спектрима. При испитивању интеракција брзих електрона са „слободним“ графеном изведени су изрази за енергијски губитак електрона, E_{loss} , и густину вероватноће за губитак енергије, $P(\omega)$. Израз који описује густину вероватноће је изведен у оптичком лимиту за случај када се сноп електрона креће под нормалним углом у односу на графен и зависи од оптичке проводности графена $\sigma(\omega)$.

Показано је добро слагање реалног и имагинарног дела оптичке проводности графена који су израчунати у оквиру проширеног хидродинамичког модела (тзв. eHD модел) са резултатима које је доц. др Вито Деспоја израчунао користећи *ab initio* метод. Густина вероватноће енергијских губитака израчуната у оба модела је директно поређена са *EELS* спектрима добијеним у три независна експеримента. Постоји одлично квалитативно и добро квантитативно слагање теоријских модела и експерименталних резултата. Такође је показано да метод уклањања тзв. *zero loss* пика (*ZL* пик) из експериментално добијених *EELS* спектра доста утиче на његово слагање са теоријским моделима.

На вишим енергијама теоријске криве које описују $P(\omega)$ доста зависе од вредности максималног сакупљеног унутар раванског расејаног таласног броја електрона. Мале вредности q_c доводе до брзог нестајања високоенергијских репова у спектру, што наликује на понашање реалног дела проводности графена на енергијама изнад $\pi+\sigma$ плазмона. Са друге стране, велике вредности q_c узрокују споро опадање високоенергијских репова, што је у складу са понашањем имагинарног дела проводности графена. Такође, постоји одлично слагање доступних експерименталних резултата са оба теоријска модела за $20 < \omega < 50 \text{ eV}$.

У шестој глави су сумирани закључци до којих се дошло на основу резултата приказаних у оквиру ове докторске дисертације.

У седмој глави се налазе додаци, а у осмој глави списак коришћене литературе.

3. Списак публикација кандидата

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. Т. Ђорђевић, I. Radović, V. Despoja, K. Lyon, D. Borka and Z. L. Mišković
Analytical modeling of electron energy loss spectroscopy of graphene: *Ab initio* study versus extended hydrodynamic model
Ultramicroscopy **184** (2018) 134–142
Импакт фактор 2.843 (2016)
ISSN: 0304-3991
DOI: 10.1016/j.ultramic.2017.08.014

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

2. V. Despoja, T. Đorđević, L. Karbunar, I. Radović and Z. L. Mišković
Ab initio study of the electron energy loss function in a graphene-sapphire-graphene composite system
Physical Review B **96** (2017) 075433 (1-17)
Импакт фактор 3.836(2016)
ISSN: 0375-9601
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.075433
3. T. Marinković, I. Radović, D. Borika and Z. L. Mišković
Probing the plasmon-phonon hybridization in supported graphene by externally moving charged particles
Plasmonics **10** (2015) 1741–1749
Импакт фактор 2.738 (2013)
ISSN: 1557-1955
DOI: 10.1007/s11468-015-9993-3

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

4. T. Marinković, I. Radović, D. Borika and Z. L. Mišković
Wake effect in the interaction of slow correlated charges with supported graphene due to plasmon-phonon hybridization
Physics Letters A **379** (2015) 377-381
Импакт фактор 1.626 (2013)
ISSN: 0375-9601
DOI: 10.1016/j.physleta.2014.11.044
5. D. Pjević, T. Marinković, J. Savić, N. Bundaleski, M. Obradović, M. Milosavljević and M. Kulik
Influence of substrate temperature and annealing on structural and optical properties of TiO₂ films deposited by reactive e-beam evaporation
Thin Solid Films **591** (2015) 224-229
Импакт фактор 1.761 (2015)
ISSN: 0040-6090
DOI: 10.1016/j.tsf.2015.03.012

Рад у међународном часопису (M23)

6. D. Pjević, M. Obradović, T. Marinković, A. Grce, M. Milosavljević, R. Grieseler, T. Kups, M. Wilke and P. Schaaf
Properties of sputtered TiO₂ thin films as a function of deposition and annealing parameters
Physica B **463** (2015) 20-25
Импакт фактор 1.276 (2013)
ISSN: 0921-4526
DOI: 10.1016/j.physb.2015.01.037

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

7. T. Djordjević, L. Karbunar, V. Despoja, I. Radović and Z. L. Mišković
Plasmon-phonon hybridization in layered structures including graphene
Proc. 28th SPIG, Belgrade (2016) 154-157

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

8. T. Marinković, I. Radović, D. Borcka and Z. L. Mišković
Wake effect in the interaction of slow correlated charges with supported graphene due to plasmon-phonon hybridization
13th Young Researchers' Conference, Book of Abstracts, Belgrade (2014) 19

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

9. T. Marinković, I. Radović, D. Borcka and Z. L. Mišković
Probing the plasmon-phonon hybridization in supported graphene by externally moving charged particles
SFKM-2015, Book of Abstracts, Belgrade (2015) 91

4. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама**“ из научне области Квантна, математичка и нанофизика, чији је аутор Тијана Ђорђевић, као и на основу оцене тог извештаја коју је дао ментор (извештај из програма и оцена извештаја се налазе у прилогу), констатујемо да утврђено подударање текста износи 11%. Овај степен подударности последица је тзв. општих места (особине *Green*-ових функција), као и претходно публикованих докторандових истраживања чији су резултати описани у дисертацији. Треба напоменути (што се и види у извештају из програма) да је поклапање са сваком појединачном ставком мање од 1%.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

5. Закључак

На основу изложеног, Комисија закључује да резултати кандидаткиње Тијане Ђорђевић приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају оригиналан и значајан научни допринос у области нанофизике. Из области дисертације кандидаткиња је објавила три рада у водећим међународним часописима са импакт фактором већим од 1 (од којих један часопис припада категорији M21a, а друга два категорији M21). Сходно томе, комисија предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри јавну одбрану докторске дисертације Тијане Ђорђевић под насловом: **„Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама“**.

У Београду, 09.03.2021. године

Чланови комисије:

др Иван Радовић
научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“

проф. др Иванка Милошевић
редовни професор
Физички факултет Универзитета у Београду

доц. др Зоран Поповић
доцент
Физички факултет Универзитета у Београду

Teorijski modeli plazmona u grafenu pri interak...

By: Tijana Đorđević

As of: Feb 23, 2021 5:22:34 PM
27,174 words - 248 matches - 128 sources

Similarity Index

11%

Mode: ▼

sources:

362 words / 1% - Internet

hdl.handle.net

140 words / 1% - Crossref

[Borka, D., I. Radović, and K. Vuković. "Energy loss of charged particles traversing multilayer graphene", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms, 2015.](#)

84 words / < 1% match - Internet

vinar.vin.bg.ac.rs

78 words / < 1% match - Internet from 12-Nov-2012 12:00AM

www.ache.org.rs

68 words / < 1% match - Internet from 03-Feb-2020 12:00AM

export.arxiv.org

64 words / < 1% match - Crossref

[Seyoon Kim, Sergey G. Menabde, Victor W. Brar, Min Seok Jang. "Functional Mid-Infrared Polaritonics in van der Waals Crystals", Advanced Optical Materials, 2019](#)

63 words / < 1% match - Internet from 02-Nov-2015 12:00AM

arxiv.org

63 words / < 1% match - Crossref

[Marinković, T., I. Radović, D. Borka, and Z.L. Mišković. "Wake effect in the interaction of slow correlated charges with supported graphene due to plasmon-phonon hybridization", Physics Letters A, 2015.](#)

58 words / < 1% match - Crossref

[Vito Despoja, Ivan Radović, Lazar Karbunar, Ana Kalinić, Zoran L. Mišković. "Wake potential in graphene-insulator-graphene composite systems", Physical Review B, 2019](#)

55 words / < 1% match - Crossref

[Z. L. Mišković, P. Sharma, F. O. Goodman. "Ionic screening of charged impurities in electrolytically gated graphene", Physical Review B, 2012](#)

51 words / < 1% match - Internet

hdl.handle.net

51 words / < 1% match - Internet

eprints.hec.gov.pk

51 words / < 1% match - Crossref

[Ana Kalinić, Ivan Radović, Lazar Karbunar, Vito Despoja, Zoran L. Mišković. "Wake effect in interactions of ions with graphene-sapphire-graphene composite system", Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 2021](#)

46 words / < 1% match - Internet

hdl.handle.net

44 words / < 1% match - Crossref

[Tijana Marinković, Ivan Radović, Duško Borka, Zoran L. Mišković. "Probing the Plasmon-Phonon Hybridization in Supported Graphene by Externally Moving Charged Particles", Plasmonics, 2015](#)

43 words / < 1% match - Crossref

[Kamran Akbari, Silvina Segui, Juana L. Gervasoni, Zoran L. Mišković, Néstor R. Arista. "Production of plasmons in two layers of graphene with different doping densities traversed by swift electrons", Applied Surface Science, 2018](#)

42 words / < 1% match - Crossref

[Chunchao Wen, Xingqiao Chen, Jianfa Zhang, Wei Xu, Jie Luo, Yingqiu Zhou, Zhihong Zhu, Shiqiao Qin, Xiaodong Yuan. "Far-Field Excitation of Acoustic Graphene Plasmons with a Metamaterial Absorber", Advanced Photonics Research, 2020](#)

41 words / < 1% match - Internet from 14-Nov-2020 12:00AM

cowles.yale.edu

40 words / < 1% match - Crossref

[X. Zubizarreta, E. V. Chulkov, I. P. Chernov, A. S. Vasenko, I. Aldazabal, V. M. Silkin. "Quantum-size effects in the loss function of Pb\(111\) thin films: An study", Physical Review B, 2017](#)

38 words / < 1% match - Crossref

[Chun-Zhi Li, You-Nian Wang, Yuan-Hong Song, Zoran L. Mišković. "Interactions of charged particle beams with double-layered two-dimensional quantum electron gases", Physics Letters A, 2014](#)

37 words / < 1% match - Crossref

[P. A. D. Gonçalves, Nicolas Stenger, Joel D. Cox, N. Asger Mortensen, Sanshui Xiao. "Strong Light-Matter Interactions Enabled by Polaritons in Atomically Thin Materials", Advanced Optical Materials, 2020](#)

36 words / < 1% match - Crossref

[Tadeusz Kaczorek, Lukasz Sajewski. "The Realization Problem for Positive and Fractional Systems", Springer Science and Business Media LLC, 2014](#)

35 words / < 1% match - Crossref

[Afshin Moradi. "Energy density and energy flow of plasmonic waves in bilayer graphene", Optics Communications, 2017](#)

33 words / < 1% match - Crossref

[Thomas Bickel. "Hindered mobility of a particle near a soft interface", Physical Review E, 2007](#)

32 words / < 1% match - Internet from 23-Mar-2017 12:00AM

[physics.wm.edu](#)

32 words / < 1% match - Internet from 04-Nov-2017 12:00AM

[fedorabg.bg.ac.rs](#)

31 words / < 1% match - Internet from 31-Mar-2010 12:00AM

[jjap.ipap.jp](#)

30 words / < 1% match - Crossref

[Ivan Radović, Duško Borka, Zoran L. Mišković. "Theoretical modeling of experimental HREEL spectra for supported graphene", Physics Letters A, 2014](#)

29 words / < 1% match - Internet from 28-May-2010 12:00AM

[elib.sfu-kras.ru](#)

28 words / < 1% match - Internet from 26-Feb-2020 12:00AM

[nardus.mpn.gov.rs](#)

26 words / < 1% match - Internet from 28-Jan-2019 12:00AM

[nardus.mpn.gov.rs](#)

26 words / < 1% match - Crossref

[Kaiyang Cheng, Zeyong Wei, Yuancheng Fan, Xiaoming Zhang, Chao Wu, Hongqiang Li. "Realizing Broadband Transparency via Manipulating the Hybrid Coupling Modes in Metasurfaces for High-Efficiency Metalens", Advanced Optical Materials, 2019](#)

25 words / < 1% match - Internet from 09-Dec-2016 12:00AM

[digre.pmf.unizg.hr](#)

24 words / < 1% match - Internet from 10-Nov-2020 12:00AM

[repozitorij.unizg.hr](#)

24 words / < 1% match - Crossref

[Radovic, I. "Wake effect in doped graphene due to moving external charge", Physics Letters A, 20111003](#)

23 words / < 1% match - Crossref

[Gao, Y.. "Anisotropic low-energy plasmon excitations in doped graphene: An ab initio study", Solid State Communications, 201107/08](#)

22 words / < 1% match - Crossref

[Radovic, I. "Interactions of slowly moving charges with graphene: The role of substrate phonons", Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B, 20120515](#)

22 words / < 1% match - Crossref

[Karbunar, L., D. Borka, and I. Radović. "Image potential and stopping force in the interaction of fast ions with carbon nanotubes: The extended two-fluid hydrodynamic model", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B Beam Interactions with Materials and Atoms, 2016.](#)

21 words / < 1% match - Crossref

[R. Aničić, Z. L. Mišković. "Effects of the structure of charged impurities and dielectric environment on conductivity of graphene", Physical Review B, 2013](#)

21 words / < 1% match - Crossref

[Horing, Norman J. Morgenstern. "Linear Graphene Plasmons", IEEE Transactions on Nanotechnology, 2010.](#)

20 words / < 1% match - Internet from 30-Apr-2020 12:00AM

[edoc.pub](#)

20 words / < 1% match - Crossref

[Ivan Radović, Duško Borka. "Interactions of fast charged particles with supported two-dimensional electron gas: One-fluid model", Physics Letters A, 2010](#)

20 words / < 1% match - Crossref

[Jamie M. Fitzgerald, Sam Azadi, Vincenzo Giannini. "Quantum plasmonic nanoantennas", Physical Review B, 2017](#)

19 words / < 1% match - Internet from 15-Feb-2014 12:00AM

[137.215.9.22](#)

19 words / < 1% match - Internet from 05-Jul-2020 12:00AM

[www.mathnet.ru](#)

19 words / < 1% match - Internet from 15-Jan-2016 12:00AM

[www.ustavni.sud.rs](#)

19 words / < 1% match - Crossref

[Zhun-Yong Ong, Massimo V. Fischetti. "Theory of remote phonon scattering in top-gated single-layer graphene", Physical Review B, 2013](#)

19 words / < 1% match - Crossref

[Hao-Wei Guo, Zhen Hu, Zhi-Bo Liu, Jian-Guo Tian. "Stacking of 2D Materials", Advanced Functional Materials, 2020](#)

19 words / < 1% match - Crossref

[Pierre Berini. "Long-range surface plasmon-polariton waveguides and devices in lithium niobate", Journal of Applied Physics, 2007](#)

18 words / < 1% match - Internet

epub.uni-regensburg.de

18 words / < 1% match - Internet from 02-Jan-2021 12:00AM

graphene.icfo.eu

18 words / < 1% match - Crossref

[Tijana Djordjević, Ivan Radović, Vito Despoja, Keenan Lyon, Duško Borka, Zoran L. Mišković. "Analytical modeling of electron energy loss spectroscopy of graphene: Ab initio study versus extended hydrodynamic model", Ultramicroscopy, 2018](#)

18 words / < 1% match - Crossref

[Chihiro Hamaguchi. "Basic Semiconductor Physics", Springer Science and Business Media LLC, 2010](#)

18 words / < 1% match - Crossref

[D. Borka, I. Radović, Z.L. Mišković. "Dynamic polarization of graphene by moving external charges: Comparison with 2D electron gas", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2011](#)

17 words / < 1% match - Internet from 02-Nov-2017 12:00AM

nardus.mpn.gov.rs

17 words / < 1% match - Internet from 08-Sep-2017 12:00AM

garf.rutgers.edu

16 words / < 1% match - Internet from 11-Oct-2005 12:00AM

www.phy-astr.gsu.edu

16 words / < 1% match - Crossref

[Xian-Long He, Ying-Ying Zhang, Zoran L. Mišković, Ivan Radović, Chun-Zhi Li, Yuan-Hong Song. "Interactions of moving charge with supported graphene in the presence of strain-induced pseudomagnetic field", The European Physical Journal D, 2020](#)

16 words / < 1% match - Crossref

[D. Borka, J. Tóth, K. Tókési. "Backscattered electron spectra from graphite", Physics Letters A, 2018](#)

16 words / < 1% match - Crossref

[Xin-Zhong Yan, C. S. Ting. "Interacting electrons in graphene studied under the renormalized ring diagram approximation", Physical Review B, 2007](#)

15 words / < 1% match - Internet from 16-Feb-2020 12:00AM

aojp.osa.org

15 words / < 1% match - Internet from 24-May-2016 12:00AM

home.iitk.ac.in

14 words / < 1% match - Internet from 12-May-2020 12:00AM

escholarship.org

14 words / < 1% match - Internet from 22-Jul-2016 12:00AM

issuu.com

14 words / < 1% match - Internet from 15-Oct-2019 12:00AM

www.jese-online.org

14 words / < 1% match - Internet from 08-Sep-2008 12:00AM

www.dms.umontreal.ca

14 words / < 1% match - Crossref

[Springer Monographs in Mathematics, 2015.](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Zhipeng Qi, Guohua Hu, Chang Liu, Lei Li, Bin Feng Yun, Ruohu Zhang, Yiping Cui. "Design and investigation of a novel silicon/ferroelectric hybrid electro-optical microring modulator", Optics Communications, 2017](#)

14 words / < 1% match - Crossref

[Frederick, B.G.. "Defect structure of clean and chlorinated aluminum oxide films probed by methanol chemisorption", Surface Science, 19921020](#)

13 words / < 1% match - Internet from 16-Aug-2019 12:00AM

export.arxiv.org

13 words / < 1% match - Internet from 29-Aug-2015 12:00AM

www.diva-portal.org

13 words / < 1% match - Internet from 10-Sep-2017 12:00AM
authors.library.caltech.edu

13 words / < 1% match - Crossref
[Kang Feng, Mengzhao Qin. "Symplectic Geometric Algorithms for Hamiltonian Systems", Springer Science and Business Media LLC, 2010](#)

13 words / < 1% match - Crossref
[Nguyen Van Men. "Coulomb bare interactions in inhomogeneous 4-layer graphene structures", Physics Letters A, 2020](#)

12 words / < 1% match - Internet from 04-Jul-2019 12:00AM
www.scribd.com

12 words / < 1% match - Internet from 26-Dec-2020 12:00AM
export.arxiv.org

12 words / < 1% match - Internet from 09-Sep-2019 12:00AM
www.tandfonline.com

12 words / < 1% match - Internet from 01-Oct-2020 12:00AM
d-nb.info

12 words / < 1% match - Crossref
[Luo, Xiaoguang, Teng Qiu, Weibing Lu, and Zhenhua Ni. "Plasmons in graphene: Recent progress and applications", Materials Science and Engineering R Reports, 2013.](#)

12 words / < 1% match - Crossref
[J.D. Valenzuela-Sau, Rafael A. Méndez-Sánchez, R. Aceves, Raúl García-Llamas. "Dirac equation and energy levels of electrons in one-dimensional wells: Plane wave expansion method", Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 2020](#)

12 words / < 1% match - Crossref
[Lomascolo, M.. "Time-resolved screening of the piezoelectric field in InGaAs/GaAs V-shaped quantum wires of variable profile", Superlattices and Microstructures, 199901](#)

11 words / < 1% match - Internet from 02-Jul-2019 12:00AM
pantheon.ufrj.br

11 words / < 1% match - Internet from 23-Apr-2019 12:00AM
lib.pnu.edu.ua

10 words / < 1% match - Internet
lib.dr.iastate.edu

10 words / < 1% match - Internet
eprints.lancs.ac.uk

10 words / < 1% match - Internet
hdl.handle.net

10 words / < 1% match - Internet from 02-Dec-2020 12:00AM
ibiss.bg.ac.rs

10 words / < 1% match - Crossref
[Barraud, S.. "Modeling of remote Coulomb scattering limited mobility in MOSFET with HfO₂/SiO₂ gate stacks", *Microelectronic Engineering*, 200709/10](#)

10 words / < 1% match - Crossref
[Suarez, S.. "Double differential spectra of electrons emitted from the forward and backward surface of a carbon foil traversed by a beam of hydrogenic projectiles", *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B*, 19880602](#)

9 words / < 1% match - Internet
hdl.handle.net

9 words / < 1% match - Internet from 18-Feb-2017 12:00AM
epjam.edp-open.org

9 words / < 1% match - Internet from 17-Dec-2018 12:00AM
nardus.mpn.gov.rs

9 words / < 1% match - Internet from 04-Nov-2017 12:00AM
nardus.mpn.gov.rs

9 words / < 1% match - Crossref
[D. Borka, I. Radović, K. Vuković. "Energy loss of charged particles traversing multilayer graphene", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2015](#)

9 words / < 1% match - Crossref
["Supersymmetric Mechanics – Vol. 2", Springer Science and Business Media LLC, 2006](#)

9 words / < 1% match - Crossref
[I. Radović, V. Borka Jovanović, D. Borka, Z.L. Mišković. "Interactions of slowly moving charges with graphene: The role of substrate phonons", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2012](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[M. Shahmansouri, R. Aboltaman, A.P. Misra. "Surface plasmons in a semi-bounded massless Dirac plasma", Physics Letters A, 2018](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[D.V. Fateev, K.V. Mashinsky, O.V. Polischuk, V.V. Popov. "Excitation of Propagating Plasmons in a Periodic Graphene Structure by Incident Terahertz Waves", Physical Review Applied, 2019](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[Danilo T. Alves, N. M. R. Peres. "Two-dimensional materials in the presence of nonplanar interfaces", Physical Review B, 2019](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[Xiang-Jia Bai, Ying-Ying Zhang, Zoran L. Mišković, Ivan Radović, Chun-Zhi Li, Yuan-Hong Song. "The Effects of Pseudomagnetic Fields on Plasmon-Phonon Hybridization in Supported Graphene Probed by a Moving Charged Particle", Plasmonics, 2021](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[E. H. Hwang, S. Das Sarma. "Screening, Kohn Anomaly, Friedel Oscillation, and RKKY Interaction in Bilayer Graphene", Physical Review Letters, 2008](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[Sarah A. Nowak, Tom Chou. "Membrane lipid segregation in endocytosis", Physical Review E, 2008](#)

9 words / < 1% match - Crossref

[Roberto S. Inoue, Marco H. Terra. "Robust Recursive Kalman Filtering for Attitude Estimation", IFAC Proceedings Volumes, 2011](#)

8 words / < 1% match - Internet from 18-Apr-2020 12:00AM

www.osapublishing.org

8 words / < 1% match - Internet from 20-Jan-2021 12:00AM

repozitorij.unizg.hr

8 words / < 1% match - Internet from 24-Nov-2020 12:00AM

repozitorij.unizg.hr

8 words / < 1% match - Internet

arxiv.org

8 words / < 1% match - Internet

hdl.handle.net

8 words / < 1% match - Internet from 15-Nov-2020 12:00AM

openaccess.maltepe.edu.tr

8 words / < 1% match - Internet from 18-May-2020 12:00AM

www.scribd.com

8 words / < 1% match - Internet from 24-Jan-2020 12:00AM

epdf.pub

8 words / < 1% match - Internet from 21-Oct-2009 12:00AM

journals.tubitak.gov.tr

8 words / < 1% match - Internet from 06-Jun-2020 12:00AM

ru.scribd.com

8 words / < 1% match - Crossref

[K. F. Allison, D. Borka, I. Radović, Lj. Hadžievski, Z. L. Mišković. "Dynamic polarization of graphene by moving external charges: Random phase approximation", Physical Review B, 2009](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[Érica de Mello Silva. "Dynamical class of a two-dimensional plasmonic Dirac system", Physical Review E, 2015](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[Manousakis, E.. "Collective charge excitations along cell membranes", Physics Letters A, 20050725](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[K F Allison. "Friction force on slow charges moving over supported graphene", Nanotechnology, 04/02/2010](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[INKANG KIM, JOHN R. PARKER. "Geometry of quaternionic hyperbolic manifolds", Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 2003](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[Kenneth I Golden, Hania Mahassen, Gaetano Senatore, Francesco Rapisarda. "Transverse dielectric matrix and shear mode dispersion in strongly coupled electronic bilayer liquids", Physical Review E, 2006](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[Juhl, T.. "A nonparametric test for changing trends", Journal of Econometrics, 200508](#)

8 words / < 1% match - Crossref

[Barbara D. Gannod. "Source-limited inclusive routing: A new paradigm for multicast communication", Networks, 01/2000](#)

7 words / < 1% match - Internet from 30-Nov-2020 12:00AM
eprints.whiterose.ac.uk

7 words / < 1% match - Crossref
[Ivan Radović, Duško Borka, Zoran L. Mišković. "Theoretical modeling of experimental HREEL spectra for supported graphene", Physics Letters A, 2014](#)

7 words / < 1% match - Crossref
[XIAOPING XU. "PATH HYPERGEOMETRIC FUNCTIONS", Journal of Algebra and Its Applications, 2011](#)

6 words / < 1% match - Internet from 11-Nov-2020 12:00AM
manualzz.com

6 words / < 1% match - Crossref
[Malard, L.M.. "Raman spectroscopy in graphene", Physics Reports, 200904](#)

6 words / < 1% match - Crossref
[Zhe Yuan, Ying Jiang, Yi Gao, Mikael Käll, Shiwu Gao. "Symmetry-dependent screening of surface plasmons in ultrathin supported films: The case of Al/Si\(111\)", Physical Review B, 2011](#)

6 words / < 1% match - Crossref
[Bruce C. Berndt. "Formulas for the Power Series Coefficients of Certain Quotients of Eisenstein Series", Ramanujan s Lost Notebook, 2009](#)

paper text:

Универзитет у Београду Физички факултет Тијана И. Ђорђевић Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама

докторска дисертација Београд, 2021 University of Belgrade Faculty of Physics

Tijana I. Đorđević Theoretical models of plasmons in graphene interacting with charged particles

Doctoral Dissertation Belgrade, 2021 ii Комисија за преглед и оцену тезе Ментор: др

Иван Радовић научни саветник

Институт за нуклеарне науке „Винча“ Чланови комисије: проф. **др** Иванка Милошевић
редовни професор Физичког факултета **Универзитет у Београду др**

Зоран Поповић доцент Физичког факултета

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Теоријски модели плазмона у графену при интеракцији са наелектрисаним честицама**“, аутора **Тијане Ђорђевић**, констатујем да утврђено подударање текста износи **11%**. Овај степен подударности последица је тзв. општих места (особине *Green*-ових функција), као и претходно публикованих докторандових истраживања чији су резултати описани у дисертацији, што је у складу са чланом 9. Правилника. Треба напоменути (што се и види у извештају из програма) да је поклапање са сваком појединачном ставком мање од 1%.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

09.03.2021. године

Ментор

др Иван Радовић
научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“