

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

### Извештај комисије за избор др Петра Митрића у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 6. 2. 2024. године именовани смо у комисију за избор др Петра Митрића у звање научни сарадник.

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

#### 1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Петар Митрић је рођен 23. августа 1995. године у Београду. Основну школу „Десанка Максимовић” и Математичку гимназију завршио је као добитник Вукове дипломе. Школске 2014/2015. године је уписао основне студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика. Добитник је награде „Проф. др Ђорђе Живановић” за једног од најбоља два студента треће године Физичког факултета, као и награде Студент генерације Универзитета у Београду на крају студија. Дипломирао је 2018. године са просечном оценом 9.97. На истом факултету завршио је мастер студије 2019. године, са просечном оценом 10.00. Мастер рад „Канонска структура телепаралелне формулације опште теорије релативности“ урадио је под руководством др Бранислава Цветковића, у сарадњи са др Милутином Благојевићем.

Докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду уписао је новембра 2019. године, на смеру Физика кондензоване материје и статистичка физика. На Институту за физику у Београду запослен је од 2019. године, у Лабораторији за примену рачунара у науци, у оквиру Националног центра изузетних вредности за изучавање комплексних система. Био је ангажован на пројекту основних истраживања ОН171017 „Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система“ Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Докторску дисертацију под насловом „Spectral functions and mobility of the Holstein polaron” („Спектралне функције и покретљивост Холштајновог поларона”), урађену под менторством др Дарка Танасковића, одбранио је у децембру 2023. године. Од 2024. године, Петар Митрић је ангажован на пројекту Фонда за науку Републике Србије „Polaron Mobility in Model Systems and Real Materials”, као и на пројекту Института за физику у Београду „Доказ концепта“, финансираном из средстава SAIGE пројекта светске банке, под називом „Luminescent Spray for Object Authentication Security“.

Из теме доктората, Петар Митрић је објавио један рад у међународном часопису изузетних вредности (категирија M21a), један рад у врхунском међународном часопису (категирија M21), као и два саопштења са међународног скупа штампана у изводу (категирија M34). Поред тога, на темама које нису директно везане за тему доктората, објавио је и још један рад у врхунском међународном часопису (категирија M21), као и једно саопштење са међународног скупа штампано у изводу (категирија M34). До сада, према бази Scopus,

радови Петра Митрића цитирани су 10 пута, од чега 9 пута без самоцитата, са Хиршовим индексом 2.

## 2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научноистраживачки рад Петра Митрића је у области теоријске физике кондензоване материје, при чему је посебна пажња посвећена проучавању изолатора и полупроводника, који имају ниску концентрацију носилаца наелектрисања, са израженом електрон-фононском интеракцијом. Један од дугорочних циљева за изучавање оваквих система је развој поузданих нумеричких метода за рачунање једночестичних и транспортних особина, који би омогућили не само квалитетнији теоријски опис, већ и потенцијално важне примене у индустрији. До сада, задовољавајући резултати добијани су само у режиму слабе електрон-фононске интеракције, у којем је пертурбативни режим оправдан, док је у режимима умерене и јаке електрон-фононске интеракције, развој апроксимативних нумеричких метода предмет актуелних истраживања.

Полазна тачка за изучавање поменутих система представљају идеализовани теоријски модели. Конкретно, Петар Митрић се фокусирао на изучавање тзв. Холштајновог модела, који описује краткодметну интеракцију електрона са оптичким фононима и који може да се користи при опису молекуларних органских полупроводника. Поред тога, Холштајнов модел је нашироко коришћен и за развој и тестирање различитих нумеричких метода који се потенцијално могу применити и у другим моделима или у реалним материјалима.

У оквиру научног рада кандидата, комбиновањем аналитичког и нумеричког приступа, развијено је више метода који су примењени у Холштајновом моделу. Главни резултат овог правца истраживања је то што је кандидат показао да теорија динамичког средњег поља (енг. Dynamical Mean Field Theory - DMFT) даје изузетно поуздане резултате за једночестичне особине овог система (као што су енергија основног стања, ефективна маса, једночестична Гринова функција...), у широком опсегу температура, јачина интеракције и фреквенције осцилација кристалне решетке, без обзира на број димензија система. Поред тога, важно је напоменути да су у оквиру овог апроксимативног и нептурбативног метода успешно отклоњене све нумеричке нестабилности, као и то да је осмишљена изузетно ефикасна нумеричка имплементација. Стога, DMFT резултати у Холштајновом моделу се убудуће могу користити као мерило за оцену квалитета било ког другог метода.

Описани резултати објављени су у једном раду у међународном часопису изузетних вредности:

- **P. Mitrić**, V. Janković, N. Vukmirović, and D. Tanasković, *Spectral Functions of the Holstein Polaron: Exact and Approximate Solutions*, Phys. Rev. Lett., **129**, 096401 (2022). [ИФ(2021) = 9.319]  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.129.096401>

Петар Митрић је такође проучавао и развијао тзв. метод кумулантног развоја (енг. Cumulant Expansion - CE) за рачунање једночестичних особина система. Ово је пертурбативан метод, али се за разлику од дијаграматског приступа не ослања на Дајсонову једначину, већ полази од претпоставке да се Гринова функција може написати у експоненцијалном облику, при



чему се вредност експонента добија коришћењем других метода. У том смислу, СЕ се комбинује са другим методама, што је нарочито интересантно због комбиновања са *ab initio* прорачунима. Због тога се овај метод последњих година све учесталије користи у научној литератури. Без обзира на то, дуго времена није била извршена анализа која би дала детаљнији увид у домене у којима можемо очекивати да СЕ даје поуздане резултате. Управо то је била тема рада кандидата, који је анализу спровео у Холштајновом моделу, поредећи предвиђања СЕ-а са резултатима DMFT-а, за које је већ утврдио да су поуздани. Било је познато да је СЕ егзактан у лимесу слабе електрон-фонон интеракције, као и у атомском лимесу, а кандидат је детаљно испитивао случај умерене интеракције. У овом режиму, утврдио је да СЕ даје најпоузданије резултате при дну електронске зоне, где успешно репродукује квазичестични и сателитски пик, као и при врху електронске зоне. Нумерички резултати у случају високих температура су такође изгледали обећавајући, али је кандидат аналитичким приступом, коришћењем спектралних сумационих правила, доказао да СЕ није егзактан у лимесу  $T \rightarrow \infty$ . Осим једночестичних особина, коришћењем метода кумулантног развоја, рачунао је и оптичку проводност коришћењем мехурасте апроксимације у Кубоовом формализму и утврдио да се предвиђања СЕ-а доста добро слажу са DMFT-ом, што сведочи о значајном потенцијалу овог метода. Такође, у оквиру СЕ-а, кандидат је показао да температурска зависност покретљивости на високим температурама мора опадати по степеном закону  $\mu \propto T^{-2}$  у случају слабе интеракције и  $\mu \propto T^{-3/2}$  у случају нешто јаче интеракције.

Описани резултати објављени су у једном раду у врхунском међународном часопису:

- **P. Mitrić**, V. Janković, N. Vukmirović, and D. Tanasković, *Cumulant Expansion in the Holstein Model: Spectral Functions and Mobility*, Phys. Rev. B, **107**, 125165 (2023). [ИФ(2021) = 3.908]  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.125165>

Поред наведеног, Петар се такође бавио и темом која није била директно повезана са његовом докторском дисертацијом. У оквиру ове теме, кандидат је сарађивао са више експерименталних група из земље и иностранства при испитивању вибрационих и оптичких особина реалног материјала  $\text{FeGa}_3$ , који припада класи полупроводника са малим електронским процепом. Користећи теорију функционала густине, кандидат је израчунао електронску зонску структуру овог материјала и потврдио, у сагласности са претходним истраживањима, да постоји директни процеп од око  $0.7\text{eV}$  и индиректни процеп од око  $0.4\text{eV}$ . Међутим, експериментална мерења указују да постоји значајна спектрална тежина испод енергије индиректног енергетског процепа. Једно од питања које се намеће је било то да се утврди да ли је овај ефекат последица јаких електронских корелација. Кандидат је из првих принципа израчунао Раман активне и IR активне фононске моде, и упоредио их са резултатима експеримента. Уочено је веома добро слагање што, заједно са додатним експерименталним резултатима, потврђује да су електронске корелације слабе, а да је спектрална тежина испод енергије индиректног процепа највероватније последица нечистоћа.

Описани резултати објављени су у једном раду у врхунском међународном часопису:

- C. Martin, V. A. Martinez, M. Opačić, S. Djurdjić-Mijin, **P. Mitrić**, A. Umićević, A. Poudel, I. Sydoryk, Weijun Ren, R. M. Martin, D. B. Tanner, N. Lazarevic, C. Petrovic, and D. Tanasković, *Optical conductivity and vibrational spectra of the narrow-gap semiconductor  $\text{FeGa}_3$* , Phys. Rev. B, **107**, 165151 (2023). [ИФ(2021) = 3.908]  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.165151>

### 3. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАЛИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

#### 3.1. Квалитет научних резултата

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

Др Петар Митрић је у досадашњој каријери био аутор или коаутор у изради 3 научна рада у међународним часописима. Један рад је објављен у међународном часопису изузетних вредности (категорије M21a), док су преостала два рада објављена у врхунским међународним часописима (категорије M21).

Најзначајнији рад кандидата је:

- **P. Mitrić**, V. Janković, N. Vukmirović, and D. Tanasković, *Spectral Functions of the Holstein Polaron: Exact and Approximate Solutions*, Phys. Rev. Lett., **129**, 096401 (2022). [ИФ(2021) = 9.319]  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.129.096401>

У овом раду, кандидат је разматрао приближна решења Холштајновог модела, који представља најједноставнији модел електрон-фононоског система. Користећи различите аналитичке и нумеричке приступе, кандидат је осмислио и реализовао веома стабилан и ефикасан нумерички код за рачунање једночестичних особина система (као што су енергија основног стања, ефективна маса, једночестична Гринова функција...), користећи један пертурбативни метод, самоконзистентну Мигдалову апроксимацију, и један нептурбативни метод, теорију динамичког средњег поља (енг. Dynamical Mean Field Theory - DMFT). Главни кандидатов резултат у овом раду је то што је показао да DMFT даје веома прецизне резултате у широком опсегу температура, јачина интеракције и фреквенције осцилације решетке, без обзира на димензионалност система.

##### 3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према бази Scopus, на дан 26. 1. 2024. године радови др Петра Митрића цитирани су укупно 10 пута, од чега 9 пута без самоцитата. Према истој бази, Хиршов индекс кандидата је 2. Подаци о цитираности са интернет странице базе Scopus су дати након списка свих радова кандидата.

##### 3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Кандидат др Петар Митрић је објавио укупно три рада у следећим међународним часописима:

- 1 рад у међународном часопису изузетних вредности *Physical Review Letters*, (ИФ(2021) = 9.319, СНИП(2021) = 2.333)
- 2 рада у врхунском међународном часопису, *Physical Review B*, (ИФ(2021) = 3.908, СНИП(2021) = 0.990)

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидат објављивао радове (категирије М20) у изборном периоду, дати су у следећој табели. Табела садржи импакт факторе (ИФ) радова, М поене радова по српској категоризацији научноистраживачких резултата, као и импакт фактор нормализован по импакту цитирајућег чланка (СНИП):

	ИФ	М	СНИП
Укупно	17.135	26	4.313
Усредњено по чланку	5.712	8.667	1.438
Усредњено по аутору	3.586	5.071	0.901

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

Кандидат је своје истраживачке активности реализовао у Институту за физику у Београду. Први је аутор на два од укупно три рада на којима је учествовао. Значајно је допринео на сваком од ових радова у виду аналитичког рачуна, развоја нумеричких метода, писањем и тестирањем кодова, коришћењем готових кодова, анализи, интерпретацијом и презентовањем резултата, као и писањем радова и комуникацији са рецензентима. Кандидат је показао самосталност при решавању задатих проблема, као и компетентност и оригиналност при осмишљавању нових идеја.

### 3.1.5. Награде

Следећи рад на коме је кандидат коаутор изабран је од стране уредништва часописа као један од најистакнутијих радова објављених у датом броју часописа (енг. Editors' Suggestion) (доказ – на насловној страници рада).

- С. Martin, V. A. Martinez, М. Орачић, S. Djurdjić-Mijin, **P. Mitrić**, A. Umićević, A. Poudel, I. Sydoryk, Weijun Ren, R. M. Martin, D. B. Tanner, N. Lazarevic, C. Petrovic, and D. Tanasković, *Optical conductivity and vibrational spectra of the narrow-gap semiconductor FeGa<sub>3</sub>*, Phys. Rev. B, **107**, 165151 (2023). [ИФ(2021) = 3.908]  
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.165151>

### 3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Кандидат још увек нема искуство у вођењу дисертација или извођењу наставе.

### 3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Два рада кандидата имају по четири аутора, а спадају у категорију радова са нумеричким симулацијама који се признају са пуним бројем М бодова уколико је број аутора мањи од



пет. Имајући у виду да кандидата има још један рад са 14 аутора, а спада у категорију експерименталних радова, потребно га је нормирати пошто има више од 7 аутора. У складу са Правилником Министарства о стицању истраживачких и научних звања, укупан број кандидатових М поена се стога умањило са 33.5 на 28.5. Нормирање не утиче значајно на број бодова, а кандидат свакако има већи број бодова од захтеваног.

#### **3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима**

Кандидат за сада није руководио ниједним пројектом, али је учествује (или је учествовао) на следећим пројектима:

1. пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОН171017 „*Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система*” (2019)
2. пројекат Фонда за науку Републике Србије „*Polaron Mobility in Model Systems and Real Materials*” (2024 - )
3. пројекат Института за физику у Београду „Доказ концепта”, који се финансира из средстава SAIGE пројекта Светске банке, под називом „*Luminescent Spray for Object Authentication Security*” (2024 - )

#### **3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима**

Кандидат за сада није рецензирао научне радове у часописима и научне пројекте, нити је био члан научних и програмских комитета домаћих и међународних конференција.

#### **3.6. Утицај научних резултата**

Утицајност научних резултата кандидата је наведена у одељку 3.1. Пун списак радова са бројем цитата је дат у прилогу.

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

Др Митрић је своје истраживачке активности реализовао у Институту за физику у Београду. На два рада, коаутори су колеге из земље, док је на једном раду учествовало више коаутора из иностранства. Највећи допринос кандидата је свакако на два рада на којима је он први аутор.

Допринос кандидата се огледа у самосталном осмишљавању и реализовању различитих аналитичких и нумеричких приступа, писању и тестирању различитих рачунарских кодова, генерисању и презентовању резултата, као и активном учешћу у дискусији, анализи и интерпретацији резултата. Кандидат активно учествује у конципирању рукописа, писању научних радова, као и комуникацији са рецензентима.

#### **3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности**

Кандидат је коаутор више саопштења на међународним конференцијама, чији је списак дат у прилогу.

#### 4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

Остварени М-бодови по категоријама дати су у следећој табели:

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	1	<b>10.0</b>	<b>10.0</b>
M21	8	2	<b>16.0</b>	<b>11.3</b>
M34	0.5	3	<b>1.5</b>	<b>1.2</b>
M70	6	1	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник:

Минимални број М бодова	Неопходно	Остварено, број М бодова без нормирања	Остварено, нормирани број М бодова
Укупно	16	<b>33.5</b>	<b>28.5</b>
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M90	10	<b>26</b>	<b>21.3</b>
M11+M12+M21+M22+M23	6	<b>26</b>	<b>21.3</b>

## 5. ЗАКЉУЧАК

Др Петар Митрић је у досадашњем раду остварио значајан помак ка комплетном решењу модела Холштајновог поларона, као важан корак у правцу потпунијег разумевања транспорта електрона у полупроводницима са умереном и јаком електрон-фонон интеракцијом. На основу података представљених у овом извештају, Комисија сматра да кандидат у потпуности испуњава све квантитативне и квалитативне услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација.

Имајући у виду квалитет научноистраживачког рада, као и достигнути ниво истраживачке зрелости и компетентности кандидата, задовољство нам је да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Петра Митрића у звање научни сарадник.

У Београду, 7. 2. 2024.

Чланови комисије:



др Дарко Танасковић  
научни саветник  
Институт за физику у Београду  
Институт од националног значаја за Републику Србију



др Ненад Вукмировић  
научни саветник  
Институт за физику у Београду  
Институт од националног значаја за Републику Србију



проф. др Ђорђе Спасојевић  
редовни професор  
Физички факултет Универзитета у Београду