

ПРИМЉЕНО:		03. 04. 2024	
Рад.јед.	б р о ј	Арх.шкфра	Прилог
0801	598/1		

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

Извештај комисије за избор др Вељка Јанковића у звање виши научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 2. априла 2024. године именовани смо у комисију за избор др Вељка Јанковића у звање виши научни сарадник.

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

1. БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Др Вељко Јанковић рођен је у Београду, Република Србија, 23. септембра 1990. год. У Београду је завршио основну школу и Математичку гимназију. Основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, започиње 2009. и завршава их 2013. год. са просечном оценом 9,97. Мастер академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика, завршио је јуна 2014. год, одбранивши мастер рад на тему *Неравнотежна оптичка проводност у систему са локализованим електронским стањима*. Мастер рад је израђен под руководством др Ненада Вукмировића у Лабораторији за примену рачунара у науци Института за физику у Београду. Октобра 2014. рад је награђен наградом Проф. др Љубомир Ћирковић као најбољи мастер рад одбрањен током академске 2013/14. год. на Физичком факултету. Новембра 2014. уписује докторске академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, ужа научна област физика кондензоване материје и статистичка физика. Дана 7. децембра 2018. одбранио је докторску тезу под насловом *Exciton dynamics at photoexcited organic heterojunctions (Динамика екситона на органским хетероспојевима побуђеним светлошћу)*, чији је ментор др Ненад Вукмировић, научни саветник Института за физику у Београду. Маја 2019. др Јанковић је награђен Студентском наградом Института за физику у Београду за најбољу докторску тезу одбрањену током 2018. У звање научни сарадник изабран је 23. 3. 2020. године на основу предлога Научног већа Института за физику од 28. 5. 2019.

Од новембра 2014. запослен је у Институту за физику у Београду, где је до 2019. био ангажован на пројекту основних истраживања ОН171017 *Моделирање и нумеричке симулације сложених вишечестичних система* Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Од октобра 2013. до августа 2015. био је ангажован на FP7 пројекту Европске комисије *Електронски транспорт у органским материјалима*. Био је учесник COST акције MP1406 (MultiscaleSolar) као део истраживачког тима Србије. Од академске 2013/14. до академске 2018/19, др Јанковић учествује у извођењу наставе на Физичком факултету Универзитета у Београду као сарадник у настави на предметима Теоријска механика (2013/14) и Квантна статистичка физика (2014/15–2018/19).

Од фебруара 2019. до фебруара 2020. год, др Јанковић борави на постдокторском усавршавању на Факултету за математику и физику Карловог универзитета у Прагу, Чешка Република, у групи проф. др Томаша Манчала. У том периоду је био ангажован на пројекту Фонда за науку Чешке Републике *Quantum Theory of Excitation Energy Transfer*

and Advanced Optical Spectroscopy: From Small Dye Molecules to Light-Harvesting Complexes (ев. бр. GAČR 17-22160S). Такође је био сарадник универзитетског истраживачког центра за нано- и био-фотонику (ев. бр. UNCE/SCI/010). Након повратка са усавршавања, научни рад наставља у Институту за физику у Београду, а током летњег семестра академске 2019/20. год. држи рачунске вежбе из предмета Теорија кондензованог стања. Од новембра 2020. до августа 2022. године био је ангажован на пројекту Фонда за науку РС *Хладни атоми, Хабардов модел и холографија: кључ за чудне метале* (Key2SM) финансираног у оквиру програма ПРОМИС. Од октобра до децембра 2023. год. борави у посети Карловом универзитету где ради на пројекту Фонда за науку Чешке Републике *Intramolecular vibrational modes as structural probes and dynamic modulators of biological and bio-inspired nanostructures* (ев. бр. GAČR 22-26376S). Од јануара 2024. године учествује на пројекту Фонда за науку РС *Polaron Mobility in Model Systems and Real Materials* (PolMoReMa) финансираног у оквиру програма ПРИЗМА. На том пројекту руководи радним пакетом који се бави развојем нумерички егзактних метода за интерагујуће електрон–фонон моделе на решетки.

Др Јанковић је до сада објавио 14 рецензираних научних радова који су цитирани 70 пута (без аутоцитата) уз Хиршов индекс 6 (подаци из базе Scopus на дан 25. 3. 2024). Говори енглески (ниво C2 према Заједничком европском оквиру за језике), италијански (ниво B2.2) и чешки (ниво A2.1) језик.

2. ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Научни рад др Вељка Јанковића је у области физике кондензоване материје, са посебним нагласком на теме везане за теорију и нумеричке симулације неравнотежне динамике носилаца наелектрисања и енергије у полупроводничким материјалима. Његов досадашњи рад се може угрубо поделити у две целине:

1. Динамика транспорта наелектрисања и енергије у моделима система за конверзију Сунчеве енергије;
2. Развој нумерички егзактних и приближних метода за динамичка својства интерагујућих квантних система.

Темама из прве целине се углавном бавио током докторских студија, када је његово истраживање било усредсређено на теоријски опис динамике екситона генерисаних светлосном побудом органских полупроводника и њихових хетероспојева, што је релевантно за разумевање фундаменталних физичких процеса у органским соларним ћелијама. Темама из прве целине наставља да се бави и након избора у звање научни сарадник. У сарадњи са колегама из Србије и Немачке употпуњује слику раздвајања наелектрисања у органским соларним ћелијама. Током постдокторског усавршавања изучава трансфер екситационе енергије у молекуларним агрегатима побуђеним светлошћу, што је релевантно за разумевање фундаменталних физичких процеса у фотосинтетичким комплексима.

Темама из друге целине се углавном бави након повратка са постдокторског усавршавања и њима уводи нове методе у своју истраживачку групу (а и у Србију уопште). Те методе, оригинално конструисане у физици отворених квантних система, успешно интегрише у већ постојећу линију рада у својој групи и примењује их на отворене проблеме у физици кондензоване материје. То се нарочито односи на проблем што тачнијег описа утицаја

интеракција на једночестична и транспортна својства модела у којима су електрони спрегнути са квантним осцилацијама кристалне решетке, што је релевантно за фундаментално разумевање транспорта наелектрисања у материјалима у којима се електрон–фонон интеракција не може третирати пертурбативно. Радећи на темама из друге целине, др Јанковић остварује сарадњу са неколико колега из Института за физику у Београду.

У наредном тексту су приказани главни научни резултати добијени у оквиру ових тема.

2.1. Динамика транспорта наелектрисања и енергије у моделима система за конверзију Сунчеве енергије

У оквиру ове теме, током докторских студија кандидат је истраживао процес раздвајања екситона на граници између два органска полупроводника. Ово је централни процес у соларним ћелијама на бази органских материјала, где светлосна побуда ствара јако везани пар електрон–шупљина (екситон). Да би соларна ћелија била ефикасна, неопходно је да се екситон раздвоји на електрон и шупљину на граници између два материјала. Експерименти су показали да се у најефикаснијим соларним ћелијама овај процес дешава са ефикасношћу од скоро 100%, што је изненађујуће узимајући у обзир јаку везу између електрона и шупљине. Механизам тако ефикасног раздвајања екситона је остао нејасан, а резултати кандидата расветљавају овај механизам. Кандидат је показао да се овако ефикасно раздвајање не може десити на ултрабрзој (<1ps) временској скали, већ да се дешава на дужој (~10-100ps) временској скали. Притом се иницијално јако везани екситон раздваја поступно преко интермедијарних стања где је екситон слабије везан, док не стигне у стање потпуно раздвојених електрона и шупљине.

У раду M21-11 разматрана је динамика екситона у полупроводнику побуђеном светлошћу у оквиру потпуно квантно-механичког формализма базираног на теорији матрица густине. Временске скале релевантне за процесе формирања и (иницијалних етапа) релаксације екситона су одређене из нумеричког прорачуна у оквиру једнодимензионалног модела. У радовима M21-9 и M21-10 представљени су резултати који описују динамику екситона на хетероспоју два полупроводника на ултрабрзој временској скали. Резултати су указали да на тако краткој временској скали не може доћи до раздвајања екситона на хетероспоју. Показано је да просторни раздвојени носиоци који постоје на тој временској скали настају претежно директном оптичком побудом. С обзиром да су поједини експериментални резултати из литературе [нпр. Nat. Mater. 12, 29 (2013)] сугерисали да се раздвајање носилаца врши на ултрабрзој скали, кандидат је урадио симулације експерименталних сигнала који се добијају у пумпа-проба експериментима. Показао је да временско опадање сигнала које је у експериментима приписано раздвајању екситона на хетероспоју потиче заправо од опадања екситонских кохеренција. С обзиром да је након тога и даље остало отворено питање механизма ефикасног раздвајања екситона, у раду M21-8 је развијен модел за опис динамике екситона на дужој (~10-100ps) временској скали. Резултати су показали да је могуће ефикасно раздвајање носилаца и у случају кад је почетно стање екситон у материјалу донора и у случају кад је почетно стање јако везани екситон на граници између два материјала. Механизам којим се врши то раздвајање је путем интермедијарних стања у којима је екситон слабије везан. Идентификовано је да је раздвајање ефикасно кад су значајни ефекти делокализације носилаца и кад је неуређеност умерена.

Рад на овој теми кандидат је наставио и након докторирања, У раду M21-7 је утврђено да се процес раздвајања екситона одвија тзв. хладном путањом, при чему се екситони у

донуру најпре претварају у нискоенергетске СТ (charge transfer) екситоне, а они се даље претварају у стања раздвојених носилаца. У раду M21a-2, урађеном у сарадњи са колегама са Техничког универзитета у Минхену, процес раздвајања екситона је проучаван из аспекта неравнотежне термодинамике. Добијени резултати откривају корелацију међу разликом између неравнотежног и равнотежног профила слободне енергије и приносом раздвајања, тако да је разлика између два профила највећа (најмања) при највећем (најмањем) приносу раздвајања. Резултати овог рада су додатно потврдили раније закључке кандидата да се раздвајање СТ екситона на слободна наелектрисања у најефикаснијим органским соларним ћелијама дешава путем хладне путање, а нови закључак који је добијен је да учешће високо-енергијских стања у том процесу чини да та путања буде неравнотежна.

Током постдокторског усавршавања на Карловом универзитету, рад др Јанковића је мотивисан проблемом целовитог описа динамике светлошћу генерисаних екситона у моделима молекуларних агрегата релевантних за фотосинтезу. У раду M21-5 Др Јанковић је развио формализам који комбинује пертурбативни опис интеракције зрачења и материје са нептурбативним описом интеракције екситона са околином (екситон–фонон интеракције). Интеракцију са светлошћу, чија временска и статистичка својства могу бити произвољна, је третирао до другог реда, док је екситон–фонон интеракцију третирао егзактно и тиме извео егзактан израз за редуковану екситонску матрицу густине. Тај израз у потпуности урачунава реорганизацију околине услед светлосне побуде, што је посебно важно када околина споро реагује на промене и/или када је екситон–фонон интеракција јака. Др Јанковић је потом показао како се из добијеног израза могу извести хијерархијске једначине кретања у случајевима семикласичног (импулсна фотопобуда) и квантног (континуална фотопобуда) модела интеракције са светлошћу. Потом је утврдио како се, у одговарајућим граничним случајевима, хијерархијске једначине кретања које је извео свде на Редфилдову теорију са фотопобудом, неравнотежну Форстерову теорију и приступ са хибридном Борн–Марковљевим хијерархијским једначинама кретања у случају континуалне побуде. У раду M21-6, користећи развијени формализам, др Јанковић разматра неравнотежно стационарно стање (НРСС) које се успоставља у светлошћу побуђеним молекуларним агрегатима услед комбинованих ефеката светлосне побуде, релаксације система, декохеренције, рекомбинације и раздвајања екситона. Ово истраживање је мотивисано проблемом релевантности кохеренција опажених на веома кратким временским скалама након побуде агрегата ласерском светлошћу за разумевање готово јединичне ефикасности претварања екситона у слободна наелектрисања у процесу природне фотосинтезе, који је подстакнут побудом континуалном Сунчевом светлошћу. За реалистичне вредности параметара модела, пре свега параметара екситон–фонон интеракције, временске скале раздвајања и времена кохеренције зрачења, др Јанковић налази да је НРСС веома слично побуђеном равнотежном стању димера који нема могућност раздвајања, па на ефикасност раздвајања у НРСС утичу једино стационарне кохеренције које потичу од интеракције екситона и околине, док су динамичке кохеренције доступне у спектроскопским експериментима у том смислу ирелевантне.

2.2. Развој нумерички егзактних и приближних метода за динамичка својства интеграјућих квантних система

Кандидат почиње са радом на овој теми још током мастер студија, када је његово истраживање било фокусирано на развој што једноставнијег метода за опис високо-фреквентне електричне проводности материјала са локализованим електронским стањима у неравнотежним условима. У раду M21-12 је извео формулу која има веома једноставан математички облик и описује неравнотежну проводност у материјалима са локализованим

електронским стањима (као што су нпр. аморфни силицијум или неуређени органски полупроводници).

Након повратка са постдокторског усавршавања, др Јанковић развија и нумерички имплементира метод хијерархијских једначина кретања (ХЕОМ метод) у импулсном простору за проучавање спектралних и термодинамичких својстава једнодимензионалног Холштајновог модела, који представља базични модел система са интеракцијом између електрона и фонона. Резултати овог истраживања су представљени у раду М21-4. По први пут у литератури је искоришћена трансляциона симетрија система да се ХЕОМ једначине формулишу у импулсном простору, затим је по први пут добијена структура ХЕОМ једначина у имагинарном времену компатибилна са структуром у реалном времену. Ови доприноси су омогућили поуздано одређивање спектралних својстава из резултата добијених пропагацијом ХЕОМ једначина у реалном времену до дугих времена, што је дотад у литератури био велики изазов због нумеричких нестабилности које су се јављале.

Ово истраживање је наставио у раду М21-1 кроз развој и нумеричку имплементацију ХЕОМ метода у импулсном простору за проучавање транспорта у Холштајновом моделу. Транспортна својства, као што су оптичка проводност и једносмерна покретљивост носилаца, следе из динамике двочестичне струја–струја корелационе функције. Испоставља се да су нумеричке нестабилности приликом израчунавања струја–струја корелационе функције израженије него приликом израчунавања једночестичних корелационих функција. Др Јанковић је осмислио стратегију затварања ХЕОМ једначина којом се избегавају нумеричке нестабилности, тако да се ХЕОМ једначине могу пропагирати до реалних времена која су довољно дугачка да обухвате дифузионо кретање електрона и тиме пруже поуздане резултате за једносмерну покретљивост. На тај начин, др Јанковић је успео да из квантне динамике електрона у реалном времену добије поуздане резултате за транспортна својства једнодимензионалног Холштајновог модела на коначној температури у релативно широком опсегу моделних параметара. Добијени резултати су указали да при слабој електрон–фонон интеракцији, прелазак између балистичког транспорта на кратким временским скалама и дифузионог транспорта на дугим временским скалама је гладак. С друге стране, већ при умереној електрон–фонон интеракцији, тај прелазак постаје сложенији јер се опажа временски ограничено успоравање електрона на интермедијерним временским скалама. То успоравање се рефлектује на профил оптичке проводности, који при умереним интеракцијама има карактеристичну структуру са два пика, Друдеовим пиком (који се појављује и при слабој интеракцији) и пиком на коначној фреквенцији.

Развијена методологија је искоришћена и у радовима М21а-1 и М21-2 који су проистекли из сарадње са више колега на Институту за физику, а били су основ докторске тезе др Петра Митрића. У раду М21а-1 резултати др Вељка Јанковића су коришћени као референтни резултати на основу којих је донесен закључак да теорија динамичког средњег поља (ДМФТ) даје изузетно поуздане резултате за спектрална својства Холштајновог модела у широком опсегу јачина интеракције, фреквенција осцилација решетке и температура, чак и у једној димензији. У раду М21-2 др Вељко Јанковић учествује и у испитивању адекватности метода кумулантног развоја (енг. cumulant expansion–CE) за опис једночестичних својстава Холштајновог модела. Знања која је др Јанковић стекао током постдокторског усавршавања су била корисна за боље почетно разумевање природе CE метода, док су његови резултати за спектралне функције Холштајновог модела добијени пропагацијом ХЕОМ једначина коришћени да се стекну прелиминарни увиди у квалитет резултата CE методе. Главни закључак испитивања CE метода је да је он егзактан у лимесу слабе електрон–фонон интеракције и мале ширине електронске зоне, док су у

интермедијерном режиму параметара резултати SE метода најпоузданији при дну електронске зоне.

У оквиру рада на пројекту Фонда за науку РС *Хладни атоми, Хабардов модел и холографија: кључ за чудне метале* (Key2SM), финансираног у оквиру програма ПРОМИС, у сарадњи са др Јакшом Вучичевићем, др Јанковић развија нумерички егзактне методе за корелисане електроне на решетки. Мотивисан квантним симулацијама Хабардовог модела помоћу ултрахладних атома, др Јанковић, уз подршку др Вучичевића, развија квантне Монте Карло алгоритме у дискретном времену за израчунавање произвољних корелационих функција просторно разложених густина наелектрисања и спина. Развијени алгоритми, приказани у раду M21-3, се могу применити како на израчунавање корелационих функција у равнотежи, тако и на праћење њихове временске зависности у транзијентним режимима, нпр. након искључивања спољашњег поља које модулише густину наелектрисања или спина, или током еволуције из чистих стања. Метод базиран на фермионском пропагатору прати кретање и интеракције електрона у реалном простору и користи чињеницу да се промена положаја неинтерагујућих електрона у потпуности описује помоћу промене положаја појединачних електрона, наравно, уз експлицитну антисиметризацију. Та експлицитна антисиметризација чини да проблем знака у прорачунима равнотежних корелационих функција Хабардовог модела на квадратној решетки није изражен, док прорачуни на ланцу не показују проблем знака. У исто време, у експериментално релевантним режимима параметара, налазимо да се равнотежне корелационе функције ниског реда могу веома поуздано израчунати са релативно грубом дискретизацијом у имагинарном времену. Уочавамо да неопходна финоћа дискретизације расте са порастом реда корелационе функције. У временски зависној поставци, метод базиран на фермионском пропагатору показује веома изражен проблем знака који је динамичке природе. Показали смо да се динамичка компонента проблема знака може елиминисати у методу алтернирајућег базиса, који кретање електрона прати у импулсном простору, док њихове интеракције прати у реалном простору. Асиметрично праћење промене положаја и интеракција значајно увећава простор конфигурација који Монте Карло алгоритам треба да узоркује. С друге стране, то доноси и техничку предност, јер се динамика може рачунати користећи само један Марковски ланац са све жељене интеракције и времена. Метод алтернирајућег базиса је омогућио да се изучава динамика вероватноћа опстанка експериментално релевантних чистих стања. Нађено је да се при slabим интеракцијама информација о корелацијама у почетном стању рапидно губи, док при jakim интеракцијама та информација опстаје и на дужим временским скалама. Закључено је да иницијална динамика вероватноће опстанка веома зависи како од броја електрона, тако и од њиховог размештаја у почетном стању.

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 Јанковић је у свом досадашњем раду био аутор/коаутор 14 рецензираних научних радова објављених у међународним часописима. Од тога, 2 рада су у категорији M21a, док 12 радова припада категорији M21.

Након одлуке Научног већа о утврђивању предлога за претходни избор у звање, др Јанковић је био аутор/коаутор 9 рецензираних научних радова објављених у међународним часописима. Од тога, 2 рада су у категорији M21a, док 7 радова припада категорији M21.

Одржао је више предавања на међународним научним конференцијама, од којих је једно по позиву. Аутор/коаутор је једног конференцијског саопштења категорије M32, 15 саопштења категорије M34 и 3 саопштења категорије M64. Комисија напомиње да је конференцију Quantum Effects in Biological Systems класификовала као конференцију националног значаја, иако је у питању водећа светска конференција о квантним ефектима у биолошким системима, због недостатка доказа о саставу научног комитета са члановима из бар пет земаља.

Списак свих радова и конференцијских саопштења кандидата дат је у прилогу који је саставни део овог извештаја. Уз сваки рад је дат doi број, а уз свако конференцијско саопштења одговарајући линк ка књизи апстраката и/или ка сајту конференције.

Као пет најзначајнијих радова кандидата из изборног периода издвајају се:

1. **V. Jankovic**,
Holstein polaron transport from numerically “exact” real-time quantum dynamics simulations,
J. Chem. Phys. **159**, 094113 (2023), IF2022=4,400, део посебног издања 2023 JCP Emerging Investigators Special Collection;
doi: 10.1063/5.0165532
2. **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Spectral and thermodynamic properties of the Holstein polaron: Hierarchical equations of motion approach,
Phys. Rev. B **105**, 054311 (2022), IF2022=3,700;
doi: 10.1103/PhysRevB.105.054311
3. **V. Jankovic** and T. Mancal,
Exact description of excitonic dynamics in molecular aggregates weakly driven by light,
J. Chem. Phys. **153**, 244122 (2020), IF2020=3,488;
doi: 10.1063/5.0029914
4. **V. Jankovic** and T. Mancal,
Nonequilibrium steady-state picture of incoherent light-induced excitation harvesting,
J. Chem. Phys. **153**, 244110 (2020), IF2020=3,488;
doi: 10.1063/5.0029918
5. **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Energy-Temporal Pathways of Free-Charge Formation at Organic Bilayers: Competition of Delocalization, Disorder, and Polaronic Effects,
J. Phys. Chem. C **124**, 4738–4392 (2020), IF2020=4,126.
doi: 10.1021/acs.jpcc.9b10862

Кандидат је први аутор свих одабраних радова (и једини аутор рада 1) и у сваком од њих је дао кључан и одлучујући допринос. Тај допринос се састоји у конципирању истраживања кроз одабир модела и метода, аналитичком развоју метода, његовој нумеричкој имплементацији, извршавању нумеричких прорачуна, интерпретацији добијених

результата, писању рада и комуникацији са уредницима и рецензентима (у раду 5, комуникацију са уредником и само извршавање дела нумеричких прорачуна је водио други аутор, а у раду 3 други аутор је извршио прорачуне другим методом који су служили за поређење са добијеним главним резултатима). Важно је истаћи да сваки од одабраних радова карактерише значајан методолошки помак, који је у неким случајевима већ довео до закључака релевантних за реалистичне системе (рад 5), док се у другим случајевима његов шири утицај тек очекује (радови 1 и 2).

Рад 1 представља најзначајније остварење кандидата из изборног периода и врхунац његових досадашњих напора да знања стечена током постдокторског усавршавања у области теорије отворених квантних система примени на отворене проблеме у области физике кондензоване материје. Један такав проблем је опис транспорта наелектрисања у најједноставнијем моделу са електрон–фонон интеракцијом, једнодимензионалном Холштајновом моделу. Теоријско изучавање транспорта се своди на израчунавање двочестичне струја–струја корелационе функције, за које се најчешће користе приближне методе. Њихове апроксимације се често заснивају на унапред претпостављеном механизму транспорта (нпр. стандардни зонски транспорт електрона или транспорт малих поларона скакутањем између локализованих стања), док је област простора параметара у којој су те апроксимације оправдане *a priori* непозната. Први нумерички егзактни резултати везани за једносмерну покретљивост и оптичку проводност у једнодимензионалном Холштајновом моделу на коначној температури су објављени тек 2015. године [видети рад Mishchenko et al., Phys. Rev. Lett. **114**, 146401 (2015)]. Иако су ти резултати непристрасни, у смислу да не уводе никакве додатне апроксимације приликом израчунавања транспортних својстава (осим апроксимација које су инхерентне моделу), њихова поузданост се може довести у питање. Наиме, они се базирају на резултатима квантних Монте Карло симулација у домену имагинарног времена (фреквенције), који се потом подвргавају процедури нумеричког аналитичког продужења у домен реалног времена (фреквенције). Проблем нумеричког аналитичког продужења са имагинарне на реалну осу је, уопште узев, лоше дефинисан. Да би били потпуно поуздани, нумерички егзактни резултати би требало да следе из метода који је формулисан директно у домену реалног времена (фреквенције). Један од таквих метода је метод хијерархијских једначина кретања (ХЕОМ метод), оригинално развијен за нумерички егзактан опис динамике коначно-димензионалног квантног система који линеарно интерагује са бозонским резервоаром. Почетни покушаји примене ХЕОМ метода на Холштајнов модел на коначном ланцу су се суочили са израженим нумеричким нестабилностима приликом интеграције ХЕОМ једначина. Те нестабилности су приписане чињеници да фонони на коначном ланцу не представљају прави резервоар (јер се у моделу узима само једна фононска мода по чвору), и закључено је да се оне не могу отклонити пресецањем хијерархије на већој дубини. Отклањање нумеричких нестабилности приликом решавања ХЕОМ једначина за Холштајнов модел је постала активна линија истраживања којој су допринеле водеће групе које проучавају динамику отворених квантних система (нпр. група Дејвида Рајхмана са Универзитета Колумбија у Сједињеним Државама и група Чанга Шија у Кинеској академији наука). Др Јанковић се кроз **рад 1** прикључио овим напорима тако што је осмислио стратегију затварања ХЕОМ једначина којом се избегавају нумеричке нестабилности, а која не утиче значајно на коначне резултате за транспортна својства. Тиме је добио прве нумерички егзактне резултате за транспортна својства Холштајновог модела који у целости следе из прорачуна квантне динамике електрона у реалном времену. О значају **рада 1** говори и чињеница да га је уредништво часописа The Journal of Chemical Physics уврстило у високо селективно посебно издање 2023 JCP Emerging Investigators Special Collection, које промовише изврсна истраживања научника у раној фази каријере (до 10 година од стеченог доктората).

Радам 2 др Јанковић започиње напоре да своја знања из теорије отворених квантних система примени на проблеме у области физике кондензоване материје. Израчунавање једночестичних корелационих функција Холштајновог модела на коначној температури и у домену реалног времена (реалне фреквенције) је све до недавно представљало велики изазов. Иако су напредне технике егзактне дијагонализације, попут Ланцош метода на коначној температури, пружиле нумерички егзактне резултате, питања попут утицаја ефеката коначности система и вредности параметра вештачког ширења, који је неопходан да би се добила спектрална својства, ограничавају њихову примењивост (на пример, за прорачун транспортних својстава у одговарајућој једночестичној апроксимацији). Методолошки помаци које је др Јанковић направио у **раду 2** су произвели нумерички егзактне резултате за спектралне функције електрона у Холштајновом моделу који су лишени произвољности везаних за одабир вредности параметра вештачког ширења, при чему је минимизован и утицај ефеката коначности система. Важно је напоменути да у раду 2 приказане ХЕОМ једначине за израчунавање хијерархијске репрезентације равнотежног стања интерагујућег електрон–фонон система такође представљају значајан и оригиналан допринос др Јанковића. Наиме, ниједна претходна форма ХЕОМ једначина у имагинарном времену није била компатибилна са формом ХЕОМ једначина у реалном времену, што је кочило напредак у израчунавању корелационих функција интерагујућих електрон–фонон модела на коначној температури коришћењем ХЕОМ метода. Конструкција коју је спровео др Јанковић је довела до облика ХЕОМ једначина у имагинарном времену који је исти као облик ХЕОМ једначина у реалном времену. Та компатибилност хијерархија је била кључна за реализацију не само рада 2, већ и рада 1.

Радови 3 и 4 обухватају најзначајније резултате које је др Јанковић постигао током постдокторског усавршавања на Карловом универзитету. Главна мотивација његових истраживања у том периоду је проблем релевантности кохеренција опажених у фотосинтетичким агрегатима подвргнутим експериментима са фемтосекундном спектроскопијом (који користе импулсну ласерску светлост) за фундаментално разумевање природне фотосинтезе (која се обавља помоћу континуалне Сунчеве светлости). У оба случаја, интеракција зрачења и материје се може сматрати слабом и третирати у ниском реду теорије пертурбација. Сасвим уопштено, динамика екситона генерисаних било слабом импулсном, било слабом континуалном побудом је у целости одређена двотачкастом корелационом функцијом зрачења и егзактним екситонским еволуционим супероператором (у којем не фигуришу променљиве зрачења). Последњи објекат је, међутим, а priori непознат, па је проблем увођења експлицитног пертурбативног описа интеракције зрачења и материје у постојеће непертурбативне описе интеракције екситона са околином дуго времена био отворен. У **раду 3**, др Јанковић решава тај проблем тако што изводи формално егзактан израз за редуковану матрицу густине екситонског система индуквану слабом светлошћу произвољних временских и статистичких својстава. Овај израз користи да у **раду 4** проучава НРСС које се формира приликом претварања Сунчеве светлости у слободна наелектрисања у моделима молекуларних агрегата релевантних за фотосинтезу. Главни резултат тог проучавања је закључак о ирелевантности динамичких кохеренција доступних у спектроскопским експериментима са веома кратким ласерским импулсима за својства НРСС. Наиме, при реалистично дугом времену раздвајања екситона у слободна наелектрисања, НРСС је готово идентично равнотежном стању екситон–фонон система који нема могућност раздвајања. Стационарне кохеренције у том НРСС, које једине утичу на ефикасност претварања екситона у слободна наелектрисања, у целости потичу од екситон–фонон интеракције. Кроз **радове 3 и 4**, др Јанковић је дао допринос у области тзв. квантне биологије, која настоји да издвоји и проучи исконски квантне ефекте који, између осталог, утичу на готово јединичну квантну ефикасност претварања

светлошћу генерисаних екситона у слободна наелектрисања. Са те тачке гледишта, резултати др Јанковића указују да за објашњење готово јединичне ефикасности не треба користити динамичке кохеренције доступне у спектроскопским експериментима, којима се често некритички додељује статус исконски квантног феномена. Уместо тога, довољно је ослонити се на јасну хијерархију временских скала током процеса раздвајања, почевши од транспорта светлошћу генерисаних екситона (~ 100 fs–1 ps), преко раздвајања екситона на слободна наелектрисања (~ 10 ps), до рекомбинације екситона (~ 1 ns). Формални одраз те хијерархије је формализам НРСС који је кроз радове 3 и 4 развио др Јанковић. Треба напоменути да је, у време када су радови израђени, развијање формализма НРСС било актуелна тема истраживања. Водеће истраживачке групе из области (нпр. група проф. др Џаншу Чао са Масачусетског института за технологију у Сједињеним Државама и група проф. др Пола Брумера са Универзитета у Торонту, Канада) су, конкурентно са др Јанковићем, публиковале своје радове на исту тему, видети, на пример, референце *J. Phys. Chem. Lett.* **11**, 7204 (2020) и *J. Chem. Phys.* **153**, 114102 (2020).

Рад 5 представља значајну нетривијалну надградњу истраживачких напора које је др Јанковић започео током докторских студија. Значај **рада 5** је двојак. Прво, **рад 5** представља један од првих радова у којем је проучаван процес дугодометног раздвајања наелектрисања у моделима органских соларних ћелија уз (макар приближно) урачунавање поларонских ефеката. Наиме, сви до тада постојећи радови који су урачунавали поларонске ефекте (неки од њих и нумерички егзактно) су уводили радикалне претпоставке на степен делокализације носилаца (често је узимано да је само електрон делокализован, док је шупљина локализована након раздвајања) и/или на максимално растојање на које се електрон и шупљина могу раздвојити (често је узимано да је то максимално 10 nm). Насупрот томе, др Јанковић разматра модел који, иако доста поједностављен, не уводи такве претпоставке: делокализација носилаца је у целости урачуната, а максимално растојање на које се електрон и шупљина могу раздвојити је 60 nm, што је упоредиво са димензијама активног домена органских соларних ћелија које се експериментално проучавају. Једначине које је др Јанковић извео, и које се у теорији транспорта екситона у фотосинтетичким комплексима појављују под именом модификована Редфилдова теорија, су у **раду 5** по први пут примењене да опишу динамику екситона у органским соларним ћелијама. Друга призма кроз коју се могу посматрати резултати **рада 5** је она која се тиче дебате о физичким механизмима који стоје иза готово јединичне квантне ефикасности раздвајања екситона на слободна наелектрисања у органским соларним ћелијама. Слично горе описаном у вези са радовима 3 и 4, понекад се сматра да је раздвајање наелектрисања у органским соларним ћелијама ефикасно јер се обавља на веома краткој (~ 100 fs–1 ps) временској скали, када су динамичке кохеренције доступне у спектроскопским експериментима активне. Резултати докторске тезе др Јанковића су већ показали да се раздвајање доминантно обавља на значајно дужим временским скалама (~ 10 –100 ps, које су и даље значајно краће од временске скале рекомбинације екситона, ~ 1 ns). Резултати **рада 5** показују да овај закључак, који се у суштини базира на јасној хијерархији временских скала током процеса раздвајања, остаје на снази и када се уведу поларонски ефекти, за које се, уопште узев, очекује да инхибирају раздвајање. Штавише, резултати **рада 5** показују да ефикасност раздвајања не зависи значајно од јачине екситон–фонон интеракције (у физички релевантном опсегу њене јачине у односу на остале параметре модела).

3.1.2. Цитираност научних радова кандидата

Према подацима из базе Scopus на дан 25. 3. 2024, радови др Јанковића су цитирани укупно 95 пута, од чега 70 пута без аутоцитата. Према подацима из исте базе, Хиршов индекс кандидата је 7 када се узму у обзир сви цитати, односно 6 уз искључене аутоцитате.

Прилог: Приказ цитираности кандидата из базе Scopus.

3.1.3. Параметри квалитета радова и часописа

Др Јанковић је објављивао радове у међународним научним часописима категорија М21а и М21, при чему су подвучени импакт-фактори часописа у којима су публиковани радови након одлуке Научног већа о утврђивању предлога за избор у звање научни сарадник:

- 2 рада + 3 рада у часопису Physical Review B (IF2022=3,700, SNIP2022=0,95 за 2 рада; IF2017=3,813, SNIP2017=1,15; IF2015=3,718, SNIP2015=1,22; IF2014=3,736, SNIP2014=1,32)
- 4 рада у часопису The Journal of Chemical Physics (IF2022=4,400, SNIP2022=1,18 за 2 рада; IF2020=3,488, SNIP2020=0,97 за 2 рада)
- 1 рад + 2 рада у часопису The Journal of Physical Chemistry C (IF2020=4,126, SNIP2017=0,97; IF2018=4,309, SNIP2017=1,10; IF2017=4,484, SNIP2017=1,14)
- 1 рад у часопису The Journal of Physical Chemistry Letters (IF2021=6,888, SNIP2021=1,25)
- 1 рад у часопису Physical Review Letters (IF2022=8,600, SNIP2017=2,29)

Укупан импакт фактор свих радова др Јанковића је 62,850, док сумарни импакт фактор радова које је др Јанковић објавио у изборном периоду износи 42,790. Др Јанковић је објављивао радове у часописима угледних издавача (The American Physical Society, AIP Publishing, ACS Publications) који су водећи у његовој области рада. Међу поменутиим часописима нарочито се истичу The Journal of Chemical Physics (чије је уредништво један рад др Јанковића уврстило у посебно издање JCP 2023 Emerging Investigators Special Collection), Physical Review Letters, и The Journal of Physical Chemistry Letters.

Додатни библиометријски показатељи квалитета часописа у којима је кандидат објављивао радове (категије М20) у периоду након одлуке Научног већа о утврђивању предлога за избор у звање научни сарадник приказани су у следећој табели:

	ИФ	М	СНИП
Укупно	42,790	76	10,71
Усредњено по чланку	4,754	8,44	1,19
Нормирано на број аутора	18,798	35	4,82

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

Од укупно 14 објављених радова, др Јанковић је први аутор у 11 радова, док је други аутор (од укупно 4 аутора) у 3 рада. У свим радовима у којима је први аутор, допринос др Јанковића реализацији рада је кључан и одлучујући, као што је описано у секцији 3.1.1. која даје преглед пет најзначајнијих радова из изборног периода. Др Јанковић је показао способност да напредне аналитичке и нумеричке технике са којима се упознао током постдокторског усавршавања примени у својој истраживачкој групи у Институту за физику у Београду и успешно их интегрише у постојеће линије рада. О самосталности кандидата

довољно говори чињеница да је током изборног периода објавио 6 радова у којима је први аутор.

Др Јанковић је 2 од укупно 9 радова објављених у изборном периоду највећим делом реализовао на Факултету за математику у физику Карловог универзитета у Прагу. Током тог периода је био ангажован на националном пројекту Фонда за науку Чешке Републике, као и у универзитетском истраживачком центру за нано- и био-фотонику, који је окупао извршне докторанате и постдокторске истраживаче из Чешке и иностранства. Његов допринос је био кључан и одлучујући у реализацији оба рада, чији је први аутор. Сарадњу са колегама са Карловог универзитета, коју је започео током постдокторског усавршавања, успешно је наставио и током изборног периода, о чему говори чињеница да је током јесени 2023. поново био ангажован на националном пројекту Фонда за науку Чешке.

3.1.5. Награде

Др Јанковић је награђен Студентском наградом Института за физику у Београду за најбољу докторску тезу одбрањену током 2018. године. Такође је награђен наградом *Проф. др Љубомир Ђирковић* за најбољи мастер рад одбрањен током академске 2013/14. године на Физичком факултету. Уредништво часописа *The Journal of Chemical Physics* је уврстило рад V. Jankovic, *J. Chem. Phys.* **159**, 094113 (2023) у посебно издање *Emerging Investigators Special Collection 2023*. Ово високо селективно посебно издање часописа промовише изврсна истраживања научника у раној фази каријере (до 10 година од стеченог доктората), а о укључивању рада у посебно издање одлучује уредништво.

Прилози: доказ о Студентској награди, прва страница рада на којој је назначено да је рад део посебног издања.

3.1.6. Елементи применљивости научних резултата

Резултати др Јанковића везани за динамику екситона и наелектрисања у моделима за конверзију Сунчеве енергије су релевантни за фундаментално разумевање физичких механизма функционисања органских соларних ћелија и природне фотосинтезе. На оба поља, у последњих неколико деценија се води расправа о томе да ли су и на који начин динамичке кохеренције доступне у спектроскопским експериментима који користе веома кратке ласерске импулсе релевантне за процес претварања екситона у слободна наелектрисања који је покренут континуалном побудом Сунчевом светлошћу. Дебата је мотивисана жељом за развојем што је могуће ефикаснијих уређаја за економски исплативо и еколошки прихватљиво искоришћавање Сунчеве енергије. Колективно, резултати др Јанковића из изборног периода указују на то да се приликом таквог развоја не треба фокусирати на иницијалне стадијуме динамике светлошћу генерисаних екситона. Наиме, и у органским соларним ћелијама, и у фотосинтетичким комплексима, иза готово стопроцентне ефикасности раздвајања екситона на слободна наелектрисања стоји јасна хијерархија временских скала елементарних процеса који том раздвајању воде. Временска скала за раздвајање екситона (~10 ps) је значајно дужа од временске скале транспорта инцијално побуђених екситона до границе два материјала (органске соларне ћелије) или центра за раздвајање (фотосинтетички комплекси) (~1 ps), а значајно краћа од временске скале рекомбинације екситона (~1 ns). Резултати др Јанковића указују да је овакво објашњење ефикасног раздвајања екситона исправно и када се урачунају поларонски ефекти или ефекти реорганизације средине током интеракције са светлошћу. Приликом дизајнирања ефикасних система за конверзију Сунчеве енергије, треба пре свега

контролисати јачину статичке неуређености, која, ако је довољно јака, може значајно да успори транспорт екситона до места раздвајања.

3.2. Ангажованост у формирању научних кадрова

Након повратка са постдокторског усавршавања, др Јанковић је током летњег семестра академске 2019/20. године држао рачунске вежбе из предмета Теорија кондензованог стања студентима четврте године основних студија Физичког факултета Универзитета у Београду, смер Теоријска и експериментална физика. Из тог ангажмана је настао уџбеник *Теорија кондензованог стања* чији су аутори проф. др Дарко Танасковић, др Вељко Јанковић и др Срђан Ставрић. Проф. др Танасковић је аутор првог дела уџбеника који обухвата градиво за предавања, док су др Јанковић и др Ставрић аутори другог дела уџбеника који обухвата задатке за рачунске вежбе. Одлуком Наставно–научног већа Физичког факултета од 3. марта 2021, рукопис *Теорија кондензованог стања* је прихваћен као уџбеник за предмет Теорија кондензованог стања за студенте четврте године смера Теоријска и експериментална физика.

Почевши од академске 2013/14. године, кандидат је учествовао у извођењу наставе на основним академским студијама на Физичком факултету Универзитета у Београду као сарадник у настави на следећим предметима:

- академска 2013/14: Теоријска механика (предметни наставник проф. др Сунчица Елезовић-Хаџић),
- академска 2014/15 – академска 2018/19: Квантна статистичка физика (предметни наставници доц. др Михајло Ваневић, проф. др Милан Кнежевић и проф. др Милица Миловановић).

Др Јанковић је био један од чланова комисије за избор др Наташе Аџић у звање научни сарадник.

Прилог: део записника са седнице Наставно–научног већа Физичког факултета одржане 29. јануара 2020, део записника са седнице Наставно–научног већа Физичког факултета одржане 3. марта 2021, део записника са седнице Научног већа Института за физику одржане 15. марта 2022.

3.3. Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Окосница свих радова кандидата је развој теоријских модела и метода, њихова нумеричка имплементација и интерпретација резултата нумеричких прорачуна. Имајући у виду да сви објављени радови кандидата имају мање од 5 коаутора, а да се нормирање за овај тип истраживања примењује само на радове са више од 5 коаутора, сваки рад кандидата се рачуна са пуном тежином.

Укупан број М бодова које је др Јанковић остварио у изборном периоду је 81,6. Нормирање не мења овај број бодова.

3.4. Руковођење пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Од 1. јануара 2024, др Јанковић руководи радним пакетом бр. 1 (WP1) под називом *Model Hamiltonians* у оквиру пројекта *Polaron Mobility in Model Systems and Real Materials (PoMoReMa)* који финансира Фонд за науку РС (позив ПРИЗМА).

На отвореном позиву за рачунарско време расписаном у пролеће 2022. у оквиру пројекта NI4OS Europe, пројекат за рачунарско време Coherent Nanoscale Transport in Strongly Interacting Electron–Phonon Systems (акроним CoNTraSt), чији је носилац др Јанковић, је добио рачунарско време у износу од 300.000 процесор сати на постројењу високих перформанси ARIS у Атини, Грчка. У периоду од јула 2022. до јануара 2023, др Јанковић је заједно са сарадницима на пројекту (др Ненад Вукмировић и Сузана Миладић) искористио рачунарско време да генерише резултате представљене у раду V. Jankovic, J. Chem. Phys. **159**, 094113 (2023). У захвалници овог рада је наведен пројекат CoNTraSt, а сви нумерички резултати су јавно доступни путем zenodo платформе.

Прилог: потврда руководиоца пројекта о руковођењу пројектним задатком и релевантне стране из уговора о реализацији пројекта, електронска преписка са члановима пројекта NI4OS Europe којом је послато обавештење о позитивној евалуацији предлога пројекта за коришћење рачунарског времена.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Др Јанковић рецензира научне радове у часописима Physical Review B, Physical Review Letters, The Journal of Physical Chemistry Letters и Optical and Quantum Electronics.

Прилози: потврде о рецензијама преузете из рецензентских база часописа или захтев уредника за рецензију.

3.6. Утицај научних резултата

Утицај научних резултата се види кроз податке о цитираности наведене у секцији 3.1.2. Др Јанковић је у изборном периоду одржао једно предавање по позиву на Седмој међународној школи и конференцији о фотоници, која је одржана у Београду у августу 2019. године. Такође је одржао и више семинара на иностраним универзитетима, као што је наведено у секцији 3.8.

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

Др Јанковић је суштински допринео сваком раду у чијој изради је учествовао. У свим радовима у којима је први аутор (6 од укупно 9 радова објављених у изборном периоду), допринос др Јанковића је био кључни и одлучујући, као што је описано у секцији 3.1.1. која даје преглед пет најзначајнијих радова из изборног периода. У радовима чији је други аутор, допринос др Јанковића је био значајан и огледао се у формулацији модела и метода и/или коришћењу напредних нумеричких алгоритама који су произвели референтне резултате који су потом суштински утицали на закључке изведене у тим радовима. У сваком од радова чији је други аутор, др Јанковић је дао допринос током прегледа литературе, позиционирања истраживања у оквиру конкретне теме, иницијалног разумевања добијених резултата, као и дискусије првог нацрта рукописа и сваке његове ревизије.

Др Јанковић је своје истраживачке активности реализовао у Институту за физику у Београду и на Факултету за математику и физику Карловог универзитета у Прагу. Највећи део резултата остварених у изборном периоду (7 од укупно 9 радова) је у целости реализован у Институту за физику у Београду, док су 2 рада највећим делом реализована на Карловом универзитету током постдокторског усавшавања др Јанковића.

Од укупно 7 радова реализованих током изборног периода у Београду, 2 рада представљају нетривијалну надградњу истраживања које је др Јанковић започео током докторских студија, док је за реализацију преосталих 5 радова кључна била експертиза коју је др Јанковић стекао током постдокторског усавршавања. Наиме, др Јанковић је у своју истраживачку групу донео експертизу у области напредних аналитичких техника и помоћу њих конструисаних нумеричких метода за опис динамике отворених квантних система. Осим тога што је ова експертиза нова у истраживачкој групи др Јанковића (и у Србији уопште), важно је нагласити да ју је др Јанковић успешно и смислено интегрисао у постојеће линије рада у својој групи, пре свега у линију рада на електронским својствима полупроводничких материјала (др Вукмировић). На тај начин је повезао аналитичке и нумеричке технике типично коришћене у теорији отворених квантних система са отвореним проблемима у физици кондензоване материје, пре свега са поларонским проблемом. Током изборног периода је радио на развоју нумерички егзактних метода за рачунање корелационих функција интерагујућих квантних система на коначној температури и у реалном времену. То је активна линија рада којој последњих година доприносе водеће истраживачке групе у свету (нпр. група проф. др Дејвида Рајхмана са Универзитета Колумбија и група проф. др Ненси Макри са Универзитета Илиноис у Сједињеним Државама, група проф. др Чанга Шија у Кинеској академији наука). Др Јанковић се прикључио глобалним напорима на том пољу тиме што је осмислио начин да се избегну нумеричке нестабилности карактеристичне за ХЕОМ метод примењен на Холштајнов модел.

Током постдокторског усавршавања на Карловом универзитету у Прагу, др Јанковић је радио на развоју нумерички егзактних метода за опис светлошћу индуковане динамике екситона у моделима фотосинтетичких комплекса. Његов рад и у том периоду карактерише изражена самосталност и повезивање знања из различитих области, што му је омогућило да изведе једначине за нумерички егзактан опис светлошћу индуковане екситонске динамике које се могу видети као уопштење једначина које је претходно користио за опис динамике екситона у органским соларним ћелијама на случај јаке екситон–фонон интеракције. Комбинујући експертизу прашке групе у области динамике отворених квантних система са својом експертизом из области полупроводничке оптике, др Јанковић је дао значајан допринос раду Истраживачког центра Карловог универзитета за нано- и био-фотонику, као и једном националном пројекту Фонда за науку Чешке.

3.8. Уводна предавања на конференцијама, друга предавања и активности

Др Јанковић је одржао предавање по позиву на Седмој међународној школи и конференцији о фотоници, која је одржава у Београду у августу 2019. године. Предавање је било у секцији извештај о напретку (progress report), видети резултат М32-1.

Прилог: позивно писмо организатора конференције.

Током пандемије вируса корона, др Јанковић је презентовао своје резултате на виртуалним постер сесијама током скупова одржаних у online формату.

1. **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Energy-Temporal Pathways of Free-Charge Formation at Organic Bilayers: Competition of Delocalization, Disorder, and Polaronic Effects,
Online Workshop on Excited Charge Dynamics in Semiconductors, organized by the International Center for Theoretical Physics, Trieste, Italy, 28–30 September 2020.
2. **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Energy-Temporal Pathways of Free-Charge Formation at Organic Bilayers: Competition of Delocalization, Disorder, and Polaronic Effects,
IWOM 2021: International Workshop on Charge Transport and Excited State Processes in Organic Materials, organized by the Thomas Young Centre (The London Centre for the Theory and Simulation of Materials and Molecules), held online, 21–25 June 2021.

Прилог: потврде о учешћу и презентацији, електронске поруке о прихватању сажетка за постер сесију и техничким детаљима.

У изборном периоду је одржао неколико предавања по позиву на институтима и универзитетима у земљи и иностранству.

1. **V. Jankovic**,
Solar Energy Conversion in Organic Photovoltaic and Photosynthetic Systems: Common Aspects and Challenges,
The Third meeting of the research center project of Charles University Center of Nano- and Bio-Photonics (UNCE/SCI/010), Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic, 5 April 2019.
2. **V. Jankovic**,
Exact description of exciton dynamics in molecular aggregates weakly driven by light,
Christmas extended seminar on open quantum systems, Institute of Physics of Charles University, Prague, Czech Republic, 12 December 2019.
3. **В. Јанковић**,
Фотосинтеза на ветрометини: судар физике, хемије и биологије,
Новогодишњи семинар 2019, Физички факултет, Универзитет у Београду, 25. децембар 2019.
4. **V. Jankovic**,
Transport in strongly interacting electron-phonon systems,
The EOSC Regional Event *Embedding EOSC in Southeast Europe* by NI4OS Europe, Budapest University of Technology and Economics, Hungary, September 28–29, 2022.

Предавање бр. 4 је тесно повезано са пројектом за рачунарско време (акроним CoNTraSt) који је др Јанковић у својству руководиоца поднео на отвореном позиву пројекта NI4OS

Europe у пролеће 2022. године. Током тог предавања је представио резултате нумеричких прорачуна које је извршавао на рачунарском постројењу високих перформанси ARIS у Атини.

Прилози: сатнице скупова, електронске поруке.

Коначно, у изборном периоду је снимио промотивне видео материјале за Одељење комуникација Института за физику у Београду, Одељење пропаганде пројекта NI4OS Europe, преко којег је добио рачунарско време у оквиру свог предлога пројекта CoNTraSt, и серијал *Наука привреди* који се емитује на Радио-телевизији Војводине. У наставку су дати и линкови на одговарајуће видео материјале.

1. ВРТ ФИЗИКЕ: Квантни ефекти фотосинтезе
учествује др Вељко Јанковић, научни сарадник Института за физику у Београду,
аутори: Слободан Бубњевић и Марија Ђурић,
производња: Институт за физику у Београду, 2021,
<https://www.youtube.com/watch?v=z3Sam3NwnyU&t=10s>
2. Videointerview: Dr. Veljko Janković, Open Call Winner,
Meet Dr. Veljko Janković, one of the Open Call winners and find out more about his research and how he benefited from the support of NI4OS-Europe,
<https://ni4os.eu/2022/12/01/videointerview-dr-veljko-jankovic/>
3. Серијал *Наука привреди*
сезона 07 посвећена ПРОМИС пројектима Фонда за науку РС
епизода 18 посвећена пројекту Key2SM (руководилац др Јакша Вучичевић)
учесници: др Јакша Вучичевић, др Ивана Васић, др Вељко Јанковић
производња: Институт за усмеравање комуникација за Радио-телевизију Војводине,
премијерно емитовано новембра 2021. год.
<https://www.youtube.com/watch?v=tIv5I0b0K6s&t=3s>

4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА КВАНТИТАТИВНУ ОЦЕНУ НАУЧНОГ ДОПРИНОСА КАНДИДАТА

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

Категорија	М бодова по раду	Број радова	Укупно М бодова	Нормирани број М бодова
M21a	10	2	20	20
M21	8	7	56	56
M32	1,5	1	1,5	1,5
M34	0,5	7	3,5	3,5
M64	0,2	3	0,6	0,6

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање виши научни сарадник у поступку убрзаног напредовања:

Минимални број М бодова	Неопходно*	Остварено, број М бодова без нормирања	Остварено, нормирани број М бодова**
Укупно	$50 \times 1,5 = \underline{75}$	81,6	81,6
M10+M20+M31+M32+M33+ M41+M42+M90	$40 \times 1,5 = \underline{60}$	77,5	77,5
M11+M12+M21+M22+M23	$30 \times 1,5 = \underline{45}$	76	76

* Покренут је поступак убрзаног напредовања, па су, на основу Правилника о стицању истраживачких и научних звања министарства надлежног за науку, квантитативни услови за 50% виши у односу на регуларно напредовање.

** Остварени бодови нису нормирани јер је број коаутора на свим радовима мањи од 5, а за овај тип истраживања нормирање се примењује само на радове са више од 5 коаутора.


5. ЗАКЉУЧАК


Др Вељко Јанковић је у периоду након докторирања остварио изузетно квалитетне научне резултате. Међу тим резултатима се издваја чињеница да је самостално развио методологију засновану на хијерархији једначина кретања која омогућава прорачун корелационих функција у реалном времену широке класе квантних система са електрон-фонон интеракцијом. Са формалне стране, у смислу Правилника о стицању истраживачких и научних звања министарства надлежног за науку, др Вељко Јанковић је испунио квантитативне услове за убрзано напредовање (који су за 50% виши у односу на регуларно напредовање), као и тражене квалитативне услове.


Имајући све наведено у виду, изузетно нам је задовољство да предложимо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Вељка Јанковића у звање виши научни сарадник у поступку убрзаног напредовања.


У Београду, 3. априла 2024.

Чланови комисије:


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


др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду
Институт од националног значаја за Републику Србију


др Ивана Васић
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду
Институт од националног значаја за Републику Србију


др Ђорђе Спасојевић
редовни професор
Универзитет у Београду – Физички факултет

СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА др ВЕЉКА ЈАНКОВИЋА

У овом прилогу извештају комисије се налази списак публикација кандидата са одговарајућом класификацијом.

РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ НАКОН УТВРЂИВАЊА ПРЕДЛОГА ЗА ИЗБОР У ЗВАЊЕ НАУЧНИ САРАДНИК (после 28. маја 2019. године)

Радови у међународним часописима изузетних вредности (M21a):

[M21a-1] P. Mitric, **V. Jankovic**, N. Vukmirovic, and D. Tanaskovic,
Spectral Functions of the Holstein Polaron: Exact and Approximate Solutions
Phys. Rev. Lett. **129**, 096401 (2022), IF2022=8,600
doi: 10.1103/PhysRevLett.129.096401

[M21a-2] W. Kaiser, **V. Jankovic**, N. Vukmirovic, and A. Gagliardi,
Nonequilibrium Thermodynamics of Charge Separation in Organic Solar Cells,
J. Phys. Chem. Lett. **12**, 6389–6397 (2021), IF2021=6.888
doi: 10.1021/acs.jpcclett.1c01817

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

[M21-1] **V. Jankovic**,
Holstein polaron transport from numerically “exact” real-time quantum dynamics simulations,
J. Chem. Phys. **159**, 094113 (2023), IF2022=4,400
Напомена: уредништво је овај рад уврстило у високо селективно посебно издање Emerging
Investigators Special Collection 2023.
doi: 10.1063/5.0165532

[M21-2] P. Mitric, **V. Jankovic**, N. Vukmirovic, and D. Tanaskovic,
Cumulant expansion in the Holstein model: Spectral functions and mobility,
Phys. Rev. B **107**, 125165 (2023), IF2022=3,700
doi: 10.1103/PhysRevB.107.125165

[M21-3] **V. Jankovic** and J. Vucicevic,
*Fermionic-propagator and alternating-basis quantum Monte Carlo methods for correlated
electrons on a lattice*,
J. Chem. Phys. **158**, 044108 (2023), IF2022=4,400
doi: 10.1063/5.0133597

[M21-4] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
*Spectral and thermodynamic properties of the Holstein polaron: Hierarchical equations
of motion approach*,
Phys. Rev. B **105**, 054311 (2022), IF2022=3,700
doi: 10.1103/PhysRevB.105.054311

[M21-5] **V. Jankovic** and T. Mancal,
Exact description of excitonic dynamics in molecular aggregates weakly driven by light,
J. Chem. Phys. **153**, 244122 (2020), IF2020=3,488
doi: 10.1063/5.0029914

[M21-6] **V. Jankovic** and T. Mancal,
Nonequilibrium steady-state picture of incoherent light-induced excitation harvesting,
J. Chem. Phys. **153**, 244110 (2020), IF2020=3,488
doi: 10.1063/5.0029918

[M21-7] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Energy-Temporal Pathways of Free-Charge Formation at Organic Bilayers: Competition of Delocalization, Disorder, and Polaronic Effects,
J. Phys. Chem. C **124**, 4738–4392 (2020), IF2020=4,126
doi: 10.1021/acs.jpcc.9b10862

Предавање по позиву са међународног скупа штампана у изводу (M32):

[M32-1] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Mechanisms and time scales of free-charge generation in organic photovoltaics: hot and fast or cold and slow,
The 7th International School and Conference on Photonics, 26–30 August 2019, Belgrade, Serbia,
Book of Abstracts, p. 44 (2019).
Линк ка књизи апстраката:
http://www.photonica.ac.rs/docs/PHOTONICA2019-Book_of_abstracts.pdf

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

[M34-1] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
A Nonequilibrium-Thermodynamics Perspective on Charge Separation in Organic Solar Cells,
The 21st Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM 2023), 26–30 June 2023, Belgrade,
Serbia, Book of Abstracts, p. 61 (2023).
Линк ка књизи апстраката:
<https://www.sfkm2023.ipb.ac.rs/wp-content/uploads/2023/06/abstractbook.pdf>

[M34-2] P. Mitric, **V. Jankovic**, N. Vukmirovic, and D. Tanaskovic,
Cumulant Expansion in the Holstein Model: Spectral Functions and Mobility,
The 21st Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM 2023), 26–30 June 2023, Belgrade,
Serbia, Book of Abstracts, p. 67 (2023).
Линк ка књизи апстраката:
<https://www.sfkm2023.ipb.ac.rs/wp-content/uploads/2023/06/abstractbook.pdf>

[M34-3] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Finite-Temperature Dynamical Properties of the Holstein Model: Hierarchical Equations of Motion Approach,
The 11th International Conference of the Balkan Physical Union (BPU11 Congress), 28 August–
1 September 2022, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 103 (2022).
Интернет страница конференције: <https://bpu11.info/>
Линк ка књизи апстраката: <https://indico.bpu11.info/event/1/book-of-abstracts.pdf>

[M34-4] **V. Jankovic** and J. Vucicevic,
Alternating-Basis Quantum Monte Carlo Method for Strongly Correlated Electrons,
The 11th International Conference of the Balkan Physical Union (BPU11 Congress), 28 August–
1 September 2022, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, pp. 118–119 (2022).
Интернет страница конференције: <https://bpu11.info/>
Линк ка књизи апстраката: <https://indico.bpu11.info/event/1/book-of-abstracts.pdf>

[M34-5] P. Mitric, **V. Jankovic**, N. Vukmirovic, and D. Tanaskovic,
Spectral Functions of the Holstein Polaron: Exact and Approximate Solutions,
The 11th International Conference of the Balkan Physical Union (BPU11 Congress), 28 August–
1 September 2022, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 106 (2022).

Интернет страница конференције: <https://bpu11.info/>

Линк ка књизи апстраката: <https://indico.bpu11.info/event/1/book-of-abstracts.pdf>

[M34-6] **V. Jankovic** and T. Mancal,

A Step towards a Comprehensive Steady-State Picture of Photosynthetic Solar Energy Conversion,

The 20th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM), Belgrade, Serbia, 7–11 October 2019, Book of Abstracts, p. 38 (2019).

Линк ка књизи апстраката:

<http://sfkm2019.ipb.ac.rs/wp-content/uploads/2019/10/BOOK-v4.pdf>

[M34-7] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,

Light-to-Charge Conversion in Organic Photovoltaics: Mechanisms and Timescales,

The 20th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM), Belgrade, Serbia, 7–11 October 2019, Book of Abstracts, p. 38 (2019).

Линк ка књизи апстраката:

<http://sfkm2019.ipb.ac.rs/wp-content/uploads/2019/10/BOOK-v4.pdf>

Саопштења са скупа националног значаја штампана у изводу (M64):

[M64-1] **V. Jankovic**,

Incoherent Light-Induced Excitation Harvesting in Molecular Energy-Conversion Systems,

The 12th Workshop on Quantum Effects in Biological Systems (QuEBS), 06–10 June 2022, Heraklion, Greece, Book of Abstracts, pp. 20–21 (2022).

Интернет страница конференције са информацијама о организатору: <https://www.quebs.gr/>

Линк ка књизи апстраката:

<https://www.quebs.gr/wp-content/uploads/2022/06/Book-of-Abstracts.pdf>

[M64-2] **V. Jankovic**,

Relevance of Incoherent Light-Induced Coherences for Photosynthetic Energy Transfer,

The 8th International School and Conference on Photonics, 23–27 August 2021, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 185 (2021).

Линк ка књизи апстраката:

<http://www.photonica.ac.rs/photonica2021/docs/Book%20of%20abstracts%202021.pdf>

[M64-3] **V. Jankovic** and T. Mancal,

A Step towards a Comprehensive Steady-State Picture of Photosynthetic Solar Energy Conversion,

Quantum Effects in Biological Systems (QuEBS) 2019, Puebla, Mexico, 27–31 October 2019, Book of Abstracts, p. 26 (2019).

Интернет страница конференције: <http://www.ifuap.buap.mx/eventos/quebs19/>

Линк ка књизи апстраката:

<http://www.ifuap.buap.mx/eventos/quebs19/program/AbstractsBook.pdf>

**РАДОВИ ОБЈАВЉЕНИ ПРЕ УТВРЂИВАЊА ПРЕДЛОГА ЗА ИЗБОР У ЗВАЊЕ
НАУЧНИ САРАДНИК (пре 28. маја 2019. године)**

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

[M21-8] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Combination of Charge Delocalization and Disorder Enables Efficient Charge Separation at Photoexcited Organic Bilayers,
J. Phys. Chem. C, **122**, 10343–10359 (2018), IF2018=4,309
doi: 10.1021/acs.jpcc.8b03114

[M21-9] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Identification of Ultrafast Photophysical Pathways in Photoexcited Organic Heterojunctions,
J. Phys. Chem. C **121**, 19602–19618 (2017), IF2017=4,484
doi: 10.1021/acs.jpcc.7b05582

[M21-10] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Origin of space-separated charges in photoexcited organic heterojunctions on ultrafast time scales,
Phys. Rev. B **95**, 075308 (2017), IF2017=3,813
doi: 10.1103/PhysRevB.95.075308

[M21-11] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Dynamics of exciton formation and relaxation in photoexcited semiconductors,
Phys. Rev. B **92**, 235208 (2015), IF2015=3,718
doi: 10.1103/PhysRevB.92.235208

[M21-12] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Nonequilibrium optical conductivity in materials with localized electronic states,
Phys. Rev. B **90**, 224201 (2014), IF2014=3,736
doi: 10.1103/PhysRevB.90.224201

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34):

[M34-8] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Dynamics of Photoexcited Charges in Organic Heterojunctions – Insights from Theory and Simulation,
The 18th IEEE International Conference on Nanotechnology, Cork, Ireland, 23–26 July 2018.

[M34-9] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Importance of Carrier Delocalization and Disorder for Incoherent Charge Separation at Organic Bilayers,
E-MRS Spring Meeting 2018, 18–22 June 2018, Strasbourg Convention Center, Strasbourg, France, oral contribution J12.7 (2018).

[M34-10] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Origin of Space-Separated Charges in Photoexcited Organic Heterojunctions on Subpicosecond Time Scales,

The 6th International School and Conference on Photonics, 28 August–1 September 2017, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 164 (2017).

[M34-11] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Exciton Formation and Relaxation Dynamics in Photoexcited Organic Semiconductors and Their Heterojunctions: Numerical Study,
Gordon Research Conference Electronic Processes in Organic Materials, Barga (Lucca), Italy, 5–10 June 2016, Poster Presentation 41 (2016).

[M34-12] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Nonequilibrium Electrical Transport in Materials with Localized Electronic States,
The 26th International Conference on Amorphous and Nanocrystalline Semiconductors, Aachen, Germany, 13–18 September 2015, Book of Abstracts, p. 72 (2015).

[M34-13] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Nonequilibrium High-Frequency Conductivity in Materials with Localized Electronic States,
The 19th Symposium on Condensed Matter Physics (SFKM), Belgrade, Serbia, 7–11 September 2015, Book of Abstracts, p. 88 (2015).

[M34-14] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Nonequilibrium Terahertz Conductivity in Systems with Localized Electronic States,
EDISON 19, 29 June–2 July 2015, Salamanca, Spain, Book of Abstracts, p. 125 (2015).

[M34-15] **V. Jankovic** and N. Vukmirovic,
Nonequilibrium Terahertz Conductivity in Materials with Localized Electronic States,
Nanoscale Quantum Optics-Kick off Workshop, 9–10 April 2015, Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 55 (2015).