

ПРИМЉЕНО:		12. 03. 2019	
Рад.јед.	б р о ј	Арх.шифра	Прилог
0801	362/1		

Научном већу Института за физику у Београду

Предлог за Студентску награду Института за физику у Београду

За Студентску награду Института за физику у Београду предлажем др Вељка Јанковића за докторску дисертацију *Exciton Dynamics at Photoexcited Organic Heterojunctions* (Динамика екситона на органским хетероспојевима побуђеним светлошћу), одбрањену 7. децембра 2018. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. Уз ово образложење прилажем и докторску дисертацију, стручну биографију кандидата, списак његових објављених радова и податке о цитираности.

Образложење:

Тема истраживања представљеног у тези др Вељка Јанковића је 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 и у тези кандидата су приказани резултати који 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.

Главни резултати истраживања приказани су у поглављима 4-7 тезе. У поглављу 4 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 поглављима 5 и 6 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 поглављу 7 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. Ови резултати су заокружили наше разумевање процеса раздвајања носилаца у органским соларним ћелијама. Док су резултати приказани у поглављима 5 и 6 оповргли предлоге више водећих истраживачких група да је раздвајање ефикасно јер се врши на ултрабрзој временској скали, резултати приказани у поглављу 7 су дали одговор на то како се то раздвајање врши и шта је потребно да би било ефикасно.

Посебно бих желео да истакнем да је тема истраживања др Вељка Јанковића нова за нашу групу и да је претходно постојало само искуство везано за електронску структуру органских полупроводника, а да нису разматрани екситони или њихова динамика. С обзиром на то, Вељко је током свог доктората развио од почетка модел и формализам базиран на теорији матрица густине, што је захтевало изузетно сложена аналитичка извођења у оквиру формализма друге квантизације, затим су добијене сложене једначине имплементирани у одговарајуће нумеричке кодове који су прилагођени за пуштање на рачунарима високих перформанси и урадио је све потребне нумеричке симулације и интерпретирао резултате. Показао је и изузетан таленат за презентацију резултата приликом писања радова и саме тезе, која је изузетно јасна, темељна, прегледна и систематична.

Резултати истраживања из тезе су објављени у четири рада М21 категорије и на већем броју конференција и школа. Кандидат је позван да одржи предавање по позиву у секцији Progress Reports на конференцији Photonica 2019 у Београду. Иако су главни резултати истраживања објављени 2017. и 2018. године, радови др Вељка Јанковића већ имају значајан број цитата. Према подацима са Web of Science његови радови су досад цитирани 21 пут (од тога је 13 хетероцитата), а према Google Scholar-у су цитирани 32 пута (видети прилоге). Потребно је истаћи да је Вељко тезу одбранио у року од 4 године и поред тога што је током докторских студија био веома анагажован и у педагошком раду – држао је рачунске вежбе на Физичком факултету на предмету Квантна статистичка физика и био је члан Државне комисије за такмичења из физике ученика средњих школа као аутор задатака за 4. разред. Кандидат задовољава и све формалне услове да буде предложен за Студентску награду у складу са Правилником о наградама: теза је одбрањена током претходне календарске године, истраживање је у целости спроведено на Институту за физику у Београду уз коришћење суперрачунарског постројења PARADOX, а резултати истраживања су представљени на више редовних семинара у институту (SCL семинари 27. фебруара 2015, 31. марта 2017. и 6. јуна 2018).

Имајући све наведено у виду, могу да констатујем да је Вељко показао изузетан таленат и способност у свим аспектима теоријско-нумеричког истраживачког рада и да као резултат тога његова теза у сваком погледу представља узор. Зато са изузетним задовољством предлажем др Вељка Јанковића за Студентску награду Института за физику у Београду.

У Београду,
12. март 2019.

др Ненад Вукмировић,
научни саветник,

Институт за физику у Београду