

Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду

На IX Изборној седници Наставно-научног већа Физичког факултета у Београду одржаној 28. 06. 2017. године одређени смо за чланове Комисије за утврђивање предлога за избор др Владимира Стојановића у звање вишег научног сарадника. На основу материјала који је кандидат доставио Комисији подносимо Наставно-научном већу Физичког факултета у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни биографски подаци

Владимир Стојановић је рођен 24. јануара 1977. године у Београду. Основну школу и Математичку гимназију је завршио у Београду. Дипломирао је 2001. године на истраживачком (теоријском) смеру Физичког факултета Универзитета у Београду. Дипломски рад под насловом "Компаративна анализа Фуријеовог и ДФА третмана стохастичких временских сигнала" одбранио је 2001. године на Катедри за физику кондензованог стања материје. Докторирао је 2008. године на Факултету за физику Карнеги Мелон Универзитета у Питсбургу (САД), на департману за физику, са темом "Novel ordered states of matter in ultracold atomic gases". Од 2009. до 2013. године радио је као постдок истраживач на Универзитету у Базелу (Швајцарска), а у периоду од 2013. до 2016. године као постдок истраживач на Универзитету Харвард (САД). Од јуна 2016. године до маја 2017. био је сарадник департмана за физику на Универзитету Харвард.

2. Наставна активност

На Универзитету у Базелу (Швајцарска), др Владимир Стојановић је школске 2011/2012 и 2012/2013 држао наставу из предмета *Теоријска физика четвртог стања* (у оригиналу Theoretical Solid-State Physics) за мастер студенте (предмет подразумева 4 сата предавања недељно и припада листи предмета за завршни усмени испит на Мастер студијама физике Универзитета у Базелу). Претходно је на истом универзитету држао рачунске вежбе из предмета *Теорија суперпроводности (2010-11)*, *Електродинамика (2009-2010)* и *Квантна Механика (2009-2010)*. У децембру 2010.

године добио је награду за најбољег асистента у настави физике на Универзитету у Базелу, коју додељује организација студената на основу претходно спроведене анкете. На Карнеги Мелон Универзитету (САД) држао је рачунске вежбе из предмета *Физика за студенте природних наука* (ориг. *Physics for Science Students*) студентима прве године, и уз то био и заменик предавача на истом предмету, у периоду од три године (почев од школске 2004/2005 и закључно са школском 2006/2007). На Универзитету у Базелу, Др Владимир Стојановић је био ментор две Мастер тезе, везане за квантну контролу у нивовима кјубита (Rahel Heule, 2010) и суперфлуидност у мултикомпонентним кондензатима (Patrick Hofer, 2012). Обе тезе су крунисане радовима публикованим у часопису *Physical Review A*, а прва од њих награђена и престижном годишњом наградом универзитета.

3. Научна активност

Области истраживања Владимира Стојановића су системи са јаком електрон-фонон интеракцијом и проблем малог поларона, квантна контрола у интерагујућим нивовима кјубит-а, суперфлуидност и други макроскопски квантни феномени у хладним атомским гасовима, аналогни квантни симулатори многочестичних система базирани на конфинираним атомским јонима или суперпроводним колима, методи квантне теорије поља у физици чврстог стања (посебно метод ефективне теорије поља), електронске особине органских полупроводника и наноструктура графена, итд.

Владимир Стојановић је до сада објавио 23 рада у врхунским међународним часописима из физике од чега 4 рада у *Physical Review Letters*, 1 рад у *Europhysics Letters*, 9 радова у *Physical Review B* (1 рад као *Rapid Communications*) и 4 рада у *Physical Review A*. Радови су до сада цитирани преко 520 пута.

Резултате истраживања је представио у виду 10 семинарских предавања по позиву на водећим универзитетима и институтима у иностранству. Учествовао је у раду 19 међународних конференција (13 предавања, од чега 7 по позиву). Остварио је 6 студијских боравака на универзитетима у иностранству (3 дужа од месец дана).

Др Владимир Стојановић сарађује или је сарађивао са групама за теоријску квантну оптику на Макс Планк Институту у Гархингу, Немачка (Prof. I. Cirac, dr T. Shi) и Универзитету Сарланд, Немачка (Prof. G. Morigi), групом за оптомеханику и суперпроводна кола на Калифорнијском Универзитету у Мерседу, САД (Prof. L. Tian),

групом за теоријску физику чврстог стања на Универзитету у Базелу, Швајцарска (Prof. C. Bruder), групом за квантну теорију информација у оквиру Тошиба корпорације, Јапан (Dr. T. Tanamoto), групом за квантни транспорт на Џорџија Институту за Технологију, САД (Prof. M. Kindermann).

На позив уредника, Владимир Стојановић је рецензент у часописима Physical Review Letters, Physical Review B, Physical Review A, New Journal of Physics, итд. Већ четири године је рецензент европских Horizon H2020 пројеката, а био је и члан завршних панела Европске Комисије у Бриселу.

Према Правилнику Министарства просвете, науке и технолошког развоја, др Владимир Стојановић задовољава услове за избор у звање вишег научног сарадника јер вишеструко превазилази услове потребне за избор у ово звање, што се види из приложене табеле.

Услов за избор у звање виши научни сарадник		Укупно
M10+M20+M31 +M32+M33+ M41+M42+M51 ≥ (минимум 40)	M21: 21x8=168 M22: 2x5=10 M32: 7x1.5=10.5	188.5
M11+M12+M21 +M22+M23+M24 +M31+M32+M41 +M42 ≥ (минимум 28)	M21: 21x8=168 M22: 2x5=10 M32: 7x1.5=10.5	188.5
остало	M71: 1x6=6	6.0
Укупно (минимум 48)		194.5

4. Преглед научних резултата

[1] Нова уређена стања материје у хладним атомским гасовима (докторска дисертација и радови 7, 17, 18)

Докторска теза је посвећена многочестичним аспектима физике хладних атомских гасова. Висок ниво експерименталне контроле чини ове системе идеалним медијумом за проучавање неконвенционалних уређених суперфлуидних стања са широким спектром различитих спонтаних нарушења симетрија.

Рад 18 обрађује специфичности физике тополошких дефеката у једном новом типу фермионског суперфлуида. Физика вортекса у ненаелектрисаним суперфлуидима припада класи универзалности XY модела, чији је вортексни сектор описан дводимензионим Кулоновим гасом "наелектрисања" са одбојном логаритамском интеракцијом. Ова стандардна парадигма не важи у "магнетисаном" суперфлуидном стању (СФм) које се може наћи у ултрахладним Ферми гасовима са неједнаком концентрацијом две компоненте фермиона различитог спина на БЕЦ страни Фешбахове резонансе. Присуство фермионских квазичестица са нултим процепом је најважнија карактеристика овог хомогеног суперфлуидног стања. У овом раду, употребом методе ефективне теорије поља, уз ригорозну имплементацију Галилејеве симетрије ефективног Лагранжијана система, истражене су консеквенце присуства оваквих квазичестица на интеракцију између вортекса у СФм стању. Нађено је да, уз стандардну 2Д Кулонову компоненту, резултујућа вортекс-вортекс интеракција има и фермионски-индуковану компоненту која осцилује на просторним скалама одређеним спинском поларизацијом, показујући одређену сличност са РККУ интеракцијом у немагнетним металима. Важна импликација овог резултата је да укупна вортекс-вортекс интеракција није одбојна на свим растојањима. Ово отвара питање карактера равнотежне вортексне решетке у овом систему, јер је триангуларна Абрикосовљева вортексна решетка у конвенционалним суперпроводницима и суперфлуидима последица строго одбојне природе вортекс-вортекс интеракције.

У раду 18 предложена је могућност реализације неуобичајног (метастабилног, али дугоживећег) Бозе-Ајнштајн кондензата (БЕЦ) у првој ексцитованој Блоховој зони тзв. "double-well" оптичке решетке. Уз околност да су минимуми ове зоне лоцирани на ненултим квазиимпулсима, који за довољно слаб потенцијал оптичке решетке чак нису ни самерљиви са периодом решетке, ово одговара реализацији егзотичног БЕЦ који спонтано нарушава симетрију временске инверзије. Овде је показано да, због драстично смањеног фазног простора за деекситацију у најнижу Блохову зону, у најповољнијим случајевима време живота бозона у првој ексцитованој зони "double well" оптичке решетке може бити неколико редова величине дуже од других важних временских скала у овом систему, као што је оно које одговара инверзној хопинг амплитуди (карактеристично време за успостављање фазне кохеренције у датом систему).

У раду 7 третирана је генерализација Андреев-Башкиновог ефекта, тј. транспортне импликације интеракције међу различитим компонентама у оквиру мултиком-понентног бозонског суперфлуида хладних атомских гасова у оптичким решеткама (дакле, генерализација Андреев-Башкин овог ефекта на случај без Галилејеве симетрије). Анализа је спроведена за разне геометрије оптичких решетки и нађена је интересантна немонотона зависност одговарајућег транспортног коефицијента (superfluid drag) од јачине потенцијала оптичке решетки.

[2] Системи са јаком електрон-фонон интеракцијом и модели малих поларона (радови 16, 19, 22)

У радовима 19 и 22 (конференцијска верзија рада 19) је проучаван, са врло генералног становишта, ефекат сужавања зона код малих поларона на коначној температури у присуству локалне (Холштајнове) и нелокалне (Пајерлсове) електрон-фонон интеракције. Развијен је оригиналан приступ за третирање овог проблема применом Богољубов-Фајнманове неједнакости за слободну енергију система.

У раду 16 нађен је први познати пример неаналитичког понашања у једночестичним поларонским моделима. Један од централних теоријских резултата везаних за поларонске системе је Герлах-Левенова теорема на основу које једночестични електрон-фонон модели генерички дају глатку зависност релевантних величина, нпр., енергије основног стања, од јачине електрон-фонон интеракције. Другим речима, промена од квазислободне честице до поларона са повећањем јачине интеракције је глатког карактера (без неаналитичности). Ова теорема је, међутим, валидна само за интеракцију која не зависи од квазиимпулса (као што је локална Холштајнова интеракција), као и оне које зависе од фононског али не и електронског квазиимпулса (нпр., Фрелихова интеракција). У овом раду показано је неаналитичко понашање енергије основног стања и ентанглемента ентропије у једнодимензионалном поларонском моделу са интеракцијом Пајерлсовог типа [такође позната у контексту Су-Шриффер-Хигер (ССХ) модела]. Ова интеракција зависи и од електронског и од фононског квазиимпулса, према томе она не припада домену важења Герлах-Левенове теореме. Ово је први пример постојања оштрог прелаза (уместо глатког понашања) у поларонским моделима.

[3] Електронске особине органских полупроводника (радови 9, 20, 21, 23)

Радови 20, 21, и 23 третирају ефекте локалне и нелокалне електрон-фонон интеракције у органским молекуларним кристалима из фамилије олигоацена (полиацена) користећи комбинацију прорачуна зонске структуре, фононског спектра и оригиналног третмана (модификована Ланг-Фирсов трансформација) електрон-фонон интеракције.

У раду 9 решено је питање природе носилаца наелектрисања у кристалним (ултрачистим) органским полупроводницима. У овим π -електронским системима са уским електронским зонама и слабом ван-дер-Валс-овом интермолекуларном интеракцијом, електрон-фонон интеракција игра много значајнију улогу него у неорганским полупроводницима. Постојеће теорије транспорта наелектрисања у овим системима су преодминантно базиране на поларонским моделима иако сатурација мобилности носилаца наелектрисања (електрони или шупљине) на високим температурама (реда величине собне температуре) доводе у питање усвојени поларонски карактер носилаца (за мале полароне ова зависност на високим температурама је Аренијус-овог типа). У овом раду је питање природе носилаца наелектрисања решено израчунавањем квазичестичне тежине (Z) носилаца и то комбинујући комплетан прорачун електрон-фонон вертексних функција у импулсном простору (добијених применом *ab-initio* метода) и пертурбативног третмана електрон-фонон интеракције. На овај начин, нађено је Z за електроне на дну ЛУМО зоне ($Z=0.74$) и шупљине на врху ХОМО зоне ($Z=0.78$) у кристалу нафталина, првом нетривијалном члану фамилије олигоацена. Заједно са претходно познатом чињеницом да јачина интеракције између носилаца и фонона у олигоаценима опада са величином конститутивног молекула (од нафталина ка пентацену), овај резултат представља дефинитивни микроскопски доказ неполаронске природе носилаца наелектрисања у овим материјалима од све већег практичног значаја. У исто време, он даје квалитативно објашњење транспортних мерења у овим системима од средине осамдесетих година прошлог века до данас.

[4] Квантна контрола у низовима интерагујућих кјубита
(радови 5, 8, 10, 11, 12)

Радови 11 и 12 се респективно баве квантном контролом у низовима интерагујућих кјубита са XXZ и Хајзенберговом интеракцијом. Главни нови резултат у Ли-алгебарској теорији контроле у интерагујућим спин-1/2 ланцима (низовима кјубита) је да један такав ланац са XXZ или Хајзенберговом интеракцијом постаје комплетно контролабилан већ путем локалне контроле само једног од кјубита, и то не обавезно првог или последњег у низу. На бази овог резултата, у радовима 11 и 12 добијене су временски оптималне реализације релевантних квантних гејтова на два кјубита, као што је CNOT гејт. Овај проблем је од интереса за реалистичне низове кјубита у којима су појединачни кјубити реализовани помоћу спинова у квантним тачкама.

У раду 10, у сарадњи са једном од водећих светских експерименталних група у области суперпроводних кјубита (*circuit-QED* платформа), предложен је поступак за реализацију Тофоли гејта на три кјубита употребом метода кохерентне квантне контроле. Овај гејт (који је еквивалентан *controlled-controlled-NOT* операцији) игра важну улогу у неколико подобласти квантне теорије информација, пре свега у квантној теорији корекције грешака. Заједно са Хадамардовим гејтом он формира један од најједноставнијих универзалних гејт сетова. Узимајући оптимизована део-по-део

константна контролна поља која делују на сва три трансмон кјубита и типичне јачине ХУ (флип-флоп) интеракције, показано је да су оптималне реализације Тофоли гејта само незнатно нарушене "low-pass" филтрирањем ових поља са типичним практично доступним фреквенцама микроталасне побуде. Ограничавајући се на распон контролних амплитуда за које је "цурење" изван потпростора физичког кјубита драстично ограничено, израчунато је да се Тофоли гејт може реализовати за 75 ns сопственом тачношћу већом од 90 %, док се тачност већа од 99 % (99.9 %) може добити за 140 ns (210 ns). Ова добијена времена реализације Тофоли гејта су значајно краћа од оних типичних за раније познате, конвенционалне приступе реализацији овог гејта.

За разлику од радова 10, 11, и 12 који се баве квантном контролом на нивоу circuit model-а квантних компјутера, радови 5 и 8 се респективно баве применом пулсних секвенци (инспирираних физиком нуклеарне магнетне резонанце) за препарацију тзв. кластер стања у оквиру тзв. measurement-based quantum computing-а (рад 8) и ефикасну реализацију важних алгоритама у оквиру квантне теорије корекције грешака (рад 5). Ови радови настали су у сарадњи са групом за квантну теорију информација при Тошиба корпорацији у Јапану и на њиховим практичним импликацијама се тренутно ради.

[5] Електронске особине суперрешетке графена
(радови 13, 14, 15)

У раду 15 проучаване су тзв. антидот суперрешетке графена које су базиране на периодично распоређеним дефектима мезоскопских димензија које су недавно постале експериментално доступне. Проучавана је електронска структура са нагласком на бездисперзионе ("равне") Блохове зоне и са њима повезаном електронском локализацијом. Нађено је да поред стриктно бездисперзионих зона на нули енергије (Фермијев ниво), које су последица бипартитне структуре решетке, постоје и скоро-бездисперзионе зоне на ниским енергијама. Нађене су такође и електронске густине одговарајућих стања и показано је да су стања локализована у околини антидот дефеката. Постулирано је да ненулти локални магнетни моменти у овим нискоенергетским стањима могу објаснити дужину фазне кохеренције која је непосредно пре публикације рада 15 измерена у експериментима на графенским суперрешеткама.

Радови 14 и 15 третирају електрон-фонон интеракцију у истим суперрешеткама, која се манифестује кроз фононску модулацију преклапања π -орбитала. Фононски спектар суперрешетака израчунат је коришћењем два различита семиемпиријска модела. Карактер носилаца наелектрисања квантификован је помоћу квазичестичне спектралне тежине због електрон-фонон интеракције и ефективне масе m^* на дну проводне зоне. Нађена је прилично велика ренормализација масе електрона услед електрон-фонон интеракције, драстично већа него у самом графену, што је индикација за поларонски карактер носилаца.

ЗАКЉУЧАК

Др Владимир Стојановић је самосталан и веома успешан истраживач у најзначајнијим областима савремене теоријске физике, који је радио 15 година на водећим светским универзитетима. Објавио је 23 рада у водећим часописима. Ови радови су цитирани више од 500 пута у најзначајнијим међународним часописима из физике. Др Стојановић има разгранату међународну сарадњу, учествовао је на 19 међународних научних конференција на којима је имао 7 предавања по позиву, као и 10 предавања по позиву на водећим универзитетима у иностранству. Рецензент је у реномираним часописима (Physical Review Letters, Physical Review B и Physical Review A, New Journal of Physics, итд.). Такође је већ годинама ангажован као рецензент европских Horizon 2020 пројеката и члан панела при Европској Комисији у Бриселу. Био је ментор за две мастер тезе у Базелу, а за рад у настави је добијао одличне оцене на студентским анкетама и награду у Швајцарској.

На основу изложеног, мишљења смо да кандидат др Владимир Стојановић испуњава све услове предвиђене Законом о научноистраживачкој делатности за избор у звање вишег научног сарадника. Зато предлажемо Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и др Владимира Стојановића предложи за избор у звање ВИШЕГ НАУЧНОГ САРАДНИКА у области природно-математичких наука – физика.

У Београду,

21.07.2017. године.

Чланови комисије:

др Милан Кнежевић, редовни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

др Ђорђе Спасојевић, ванредни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду

др Зоран Радовић, редовни професор у пензији
Физички факултет, Универзитет у Београду,
дописни члан САНУ