

Научном већу Института за физику у Београду

Извештај комисије за избор др Соње Предин у звање научни сарадник

На седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 15. 12. 2020. године именовани смо у комисију за избор др Соње Предин у звање научни сарадник.

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

1. Биографски подаци кандидаткиње

Соња Предин је рођена у Београду 04.01.1986. Детињство је провела у Бечеју, где је завршила Основну школу "Здравко Гложански" и Гимназију као носилац Вукове дипломе. Дипломирала је 2012. године на смеру теоријска и експериментална физика са просечном оценом 9.12 (девет и 12/100) и оценом 10 (десет) на дипломском испиту. Дипломски рад, под називом "Коегзистенција тополошке суперпроводности и антиферромагнетизма", урадила је под руководством др Милице Миловановић на Институту за физику у Београду. Током студија, похађала је зимски семестар школске 2008./2009. године на Физичком факултету Универзитета у Грацу, Аустрија, као студент на размени студената и стипендиста Универзитета у Грацу.

По завршетку основних академских студија, Соња Предин уписала је докторске студије на Универзитету у Регензбургу из области теоријске физике. Докторску дисертацију под насловом "Entanglement spectrum of graphene systems" (Спектар квантне сплетености графенских система) урадила је под руководством prof. dr. John Schliemann-а и одбранила је 25.07.2017. Диплома докторских студија нострификована је у Републици Србији дана 22.01.2018., од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, решењем број 612-01-03131/2017-06.

У периоду од 01.09.2012. до 31.03.2017., Соња Предин је радила као научни сарадник Факултета за физику Универзитета у Регензбургу, а од 01.04.2017. до 31.07.2017. била је ангажована као докторанткиња на поменутом факултету. На Универзитету у Регензбургу, Соња Предин се бавила научним радом у оквиру научних пројеката GRK 1570 "Electronic Properties of Carbon Based Nanostructures" и SFB 631 "Solid-State Based Quantum Information Processing" финансираних од стране Deutsche Forschungsgemeinschaft. Током докторских студија, од 2012. до 2016. била је стипендиста Фонда за младе таленте "Доситеја" Републике Србије за најбоље студенте у иностранству.

Од 01.08.2018. запослена је као научни сарадник на Институту за информационе системе у Хофу, Савезна Република Немачка. Од 2018. до 2020. била је ангажована на пројекту "Digital mobility of Hochfranken" (MobiDig), који је финансиран од стране Министарства саобраћаја и дигиталне инфраструктуре Савезне Републике Немачке. Након тога, од 2020. ангажована је на пројекту "Shuttle-Modellregion Oberfranken"(SMO), који је већински финансиран од стране Министранства саобраћаја и дигиталне инфраструктуре Савезне Републике Немачке. За разлику од пројекта Mobidig, који је реализован искључиво од стране академских партнера и локалне самоуправе, на пројекту SMO укључена су и три индустријска партнера "Valeo Schalter und Sensoren GmbH", "REHAU AG + Co", "DB Regio Bus".

Као асистент на Факултету за физику Универзитета у Регензбургу, Соња Предин држала је теоријске вежбе сваког семестра из предмета Експериментална физика I: Механика и нелинеарна динамика, Теоријска механика, Квантни и таласи (Оптика), Квантна физика I, Квантна физика II на основним студијама. Такође, на мастер студијама држала је вежбе из

Квантне теорије кондензоване материје. У летњем семестру школске 2019. године хонорално је држала предавања из Увода у квантне рачунаре на Факултету за информатику Високе школе у као доценткиња.

У тренутку подношења овог извештаја, Соња Предин је коаутор четири радова објављених у међународним часописима са ISI листе, од којих три у категорији M21, једног у категорији M22 и четири у категорији M34. Укупан број цитата је 30, односно 28 не рачунајући аутоцитате, са Хиршовим индексом 2. Соња Предин има сарадњу са групама у Регензбургу, Хофу, Минхену и Нинбергу.

2. Преглед научне активности

Научна активност кандидаткиње може се поделити у две фазе. Прва фаза је реализована током израде дипломског рада у Лабораторији за примену рачунара у науци на Институту за физику у Београду, под менторством др Милице Миловановић и током докторских студија из теоријске физике на Факултету за физику Универзитета у Регензбургу у Савезној Републици Немачкој, под менторством проф. др John Schliemann-а. Уже научне области истраживања спроведеног током докторских студија су физика кондензоване материје и квантна информатика. Друга фаза обухвата кандидаткино постдокторско усавршавање на Институту за информатику у Хофу.

Током прве фазе истраживања кандидаткиња се бавила теоријским проучавањем спектра квантне сплетености различитих система кондензоване материје са посебним освртом на проучавање односа између енергетског спектра и спектра квантне сплетености. Досадашња научна активност кандидаткиње укључује проучавање следећих система кондензоване материје: графенског двослоја, суперпроводности и антиферромагнетизма на графену и Хајзенбергових спинских мердевина у временском зависном магнетном пољу.

Однос између енергетског спектра и спектра квантне сплетености био је фокус многих нумеричких и аналитичких студија. У свом раду кандидаткиња је користила пертурбациону теорију, разматрајући и дегенерисана и недегенерисана основна стања, у односу на претходне студије када су само недегенерисана стања била разматрана. Закључак претходних студија био је да у случају недегенерисаног основног стања када су испуњени одређени услови, Хамилтонијан спектра квантне сплетености може бити пропорционалан Хамилтонијану једног подсистема и на тај начин имати исте особине. Један од два услова који гарантују да су Хамилтонијани пропорционални у првој апроксимацији пертурбативне теорије је да непертурбативни Хамилтонијан спектра квантне сплетености има тривијални, недегенерисан спектар. Кандидаткиња је самостално током докторских студија, као једини аутор рада, проучавала спектар квантне сплетености Хајзенбергових мердевина у временском зависном магнетном пољу, користивши теорију пертурбације. У том случају, Хамилтонијан квантне сплетености је пропорционалан Хамилтонијану спинског ланца у првој апроксимацији, иако непертурбативни Хамилтонијан спектра квантне сплетености има нетривијални дегенерисан спектар. Резултати проучавања односа између Хамилтонијана спектра квантне сплетености Хајзенбергових мердевина у временски зависном магнетном пољу и Хамилтонијана подсистема, у овом случају једног спинског ланца, приказани су у раду

- **Sonja Predin**, Entanglement spectrum of the degenerative ground state of Heisenberg ladders in a time-dependent magnetic field, EPL 119, 57003 (2017).

Следећи рад се односи на графенски двослој и његов спектар квантне сплетености. У

односу на претходне радове, кандидаткиња није разматрала само својствене вредности редуковане матрице густине (који чине спектар квантне сплетености), већ и њене својствене векторе. Од својствених вектора редуковане матрице густине конструисала је тополошке инваријанте, Беријеву кривину и Чернов број, да би проучавала тополошка својства спектра квантне сплетености. Такође, у односу на ранија проучавања графенског двослоја, кандидаткиња је извела аналитичке изразе својственог система за целу Брилуенову зону без апроксимација, када је узето у обзир и тригонално савијање енергетског спектра. Аналитичка студија спектра квантне сплетености графенског двослоја, када је тригонално савијање присутно у енергетском спектру приказана је у раду

- **Sonja Predin**, Paul Wenk, John Schliemann, Trigonal Warping in Bilayer Graphene: Energy versus Entanglement Spectrum, *Phys. Rev. B* **93**, 115106 (2016).

Кандидаткиња је овом раду показала да спектар квантне сплетености, који је добијен исецањем једног слоја, има нулте вредности између тачака где енергетски спектар поседује три додатна Диракова конуса, која су узрокована тригоналним савијањем. Кандидаткиња је аналитички показала да спектар квантне сплетености може бити прекидна функција у односу на таласни вектор у овом систему. Тополошке особине спектра квантне сплетености графенског двослоја описане Беријевом кривином су у сагласности са тополошким особинама графенског једнослоја, иако се њихове геометријске особине јасно разликују.

Кандидаткиња је у дипломском раду дискутовала t-J-U модел на графену који има исти ниско-енергетски опис као графенски двослој, фокусирајући се на коегзистенцију суперпроводних корелација и антифермогнетизма. Показано је да је тај модел релевантан за опис графенског двослоја. Такође, у присуству $d + id$ Куперових корелација модел описује квадратну зависност енергетског процепа од магнетног поља, што је усагласности са експерименталним студијама. Анализе дате у дипломском раду су објављене у:

- M. V. Milovanović, **S. Predin**, On the coexistence of antiferromagnetism and $d + id$ superconducting correlations in the graphene bilayer, *Phys. Rev. B* **86**, 195113 (2012).

Кандидаткиња је проучавала спектре квантне сплетености и у системима графена са основним стањима у којима су присутне суперпроводне корелације. Проучаване су s и $d + id$ суперпроводне корелације. Кандидаткиња је да би аналитички проучавала спектар квантне сплетености, самостално извела изразе за својствену енергију и векторе спектра фермиона на графенској решетки у целој Брилуеновој зони у присуству суперпроводних корелација. Демонстрирала је да се тополошке особине Хамилтонијана квантне сплетености могу разликовати од истих особина Хамилтонијана подсистема. Резултати ових проучавања су публиковани у раду:

- **Sonja Predin**, John Schliemann, Entanglement spectra of superconductivity ground states on the honeycomb lattice, *Eur. Phys. J. B* (2017) 90: 239.

У другој фази истраживања, задатак кандидаткиње на пројекту Mobidig био је развој модела за оптимизацију и симулацију саобраћаја, првенствено градског саобраћаја у периферијским регионима Немачке. Периферијски региони у Немачкој нарочито су погођени демографским променама, старењем становништва, које је проузроковано негативним природним прираштајем и миграцијама ка атрактивним индустријским центрима. Градски превоз у оваквим условима је скуп за локалну самоуправу, а за грађене често је недовољно квалитетан, због дугачких временских интервала између вожњи и индиректних путања. Побољшање градског саобраћаја у оваквим регионима преставља један од приоритета Министарства саобраћаја и дигиталне инфраструктуре Савезне Републике Немачке.

Моделирање саобраћаја је један од најбољих алата за разумевање и развијање потреба градског саобраћаја, као и за предлагање нових линија градског саобраћаја. Симулациони

моделу су уобичајни алати за моделирање саобраћаја. Предходни симулациони модели су развијени на основу анкета становништва. Главни недостатак оваквог приступа је мали узорак на основу кога се развија симулација, а то доводи у питање и веродостојност саме симулације. Међутим, кандидаткиња је развила модел мобилности за регион Hochfranken (Горњу Франконију) користећи технике машинског учења у обради статистичких и GPRS података. Кандидаткиња је прво симулирала популацију града Хофа, поделивши популацију у групе према социо-демографским параметрима (старост, пол, занимање и брачно стање), користећи статистичке податке немачких државних институција. Људи се генеришу уз помоћ псеудо-случајних бројева на такав начин да се постигне стварна дистрибуција ових социо-демографских параметара у популацији. Овај поступак се понавља неколико пута како би се могао проверити утицај ове случајне дистрибуције на резултате симулације. Након тога, други случајни поступак користи се за стварање плана активности за сваку особу у популацији. Симулирала је помоћу програмског пакета MATSim у програмском језику Јава, за сваког појединца све дневне активности, одлазак и повратак са посла, одлазак у куповину прехрабених намерница, у образовне институције и уставове прешколског образовања. У овом кораку кандидаткиња је узела у обзир да свака социо-демографска група има различите обрасце понашања. Приликом оваквог разматрања непознате су почетна и крајна тачка транспорта, време транспорта и превозно средство. У односу на друге ауторе, кандидаткиња је развила алгоритме машинског учења и користила методе статистичке анализе ради предвиђања почетне и крајне тачке. Главни извори података у њеној студији за предвиђање почетне и крајне тачке транспорта су статистички подаци и подаци од GPRS уређаја. У даљем кораку, низ догађаја између појединих активности се утврђују за сваки план. У овом кораку неопходно је дефинисати изабрано возило или возила и тачну руту између активности. Да би симулирала тачне руте кретања између свих активности, кандидаткиња је развила мапу рута за сва возила, укључивајући и пешаке. У симулацији са програмским пакетом MATSim-ом, овај корак, одабир рута, плана активности и возила, је део процеса оптимизације. У ту сврху генерисана рута и избор возила се мења у различитим итерацијама симулације како би се постигао глобални оптимум. Функција процене, дневног плана сваког појединца, узима у обзир укупно време за одређену етапу, време потребно за пешачење, укупну удаљеност, трошкове и број промењених превозних средстава. Кандидаткиња је извршила калибрацију симулације користећи Бајесову статистичку методу. Тако развијен симулациони модел, кандидаткиња је користила да оптимизује постојеће линије градског саобраћаја, као и да понуди увећање нових линија. Нарочит бенефит оваквог приступа се огледа у могућности разумевања и предвиђања стварних потреба за услугама градског превоза различитих демографских група.

Станице градског превоза у многим малим местима у Немачкој су често неприступачне многим потенцијалним путницима због велике удаљености. То значајно отежава употребу градског превоза, нарочито осетљивим социо-демографским групама, старијим особама и особама са инвалидитетом. Употреба конвенционалног линијског градског превоза обично није исплатива на кратким дистенацијама, или је чак и не могућа због инфраструктуре. Употреба аутономног шатл возила на таквим релацијама је предложено решење у овом истраживачком пројекту. Циљ пројекта је тестирање и даљи развој и унапређивање шатлова без возача као допунске и помоћне компоненте градског превоза. Задатак кандидаткиње на пројекту SMO је развој и унапређење алгоритама вештачке интелигенције аутономних шатл возила. Поред овога, одговорност кандидаткиње је мапирање потреба корисника градског превоза, како би се остварило поверење у аутономна возила у контексту интеракције човек-машина.

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидаткиње

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1 Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

Као најзначајни рад кандидаткиње комисија издваја:

- **Sonja Predin**, Paul Wenk, John Schliemann, Trigonol Warping in Bilayer Graphene: Energy versus Entanglement Spectrum, *Phys. Rev. B* **93**, 115106 (2016), цитиран 11 пута.

У овом раду, приликом описивања графенске структуре графенског двослоја, кандидаткиња је разматрала и параметар кинетичке енергије између трећих суседа, који узрокује тригонално савијање. Овај параметар је у већини случаја био занемарен. Соња Предин је први аутор који је аналитички решио својствени проблем графенског двослоја за целу Брилуенову зону без апроксимација, укључујући и својствене вредности и својствене векторе. Ови резултати су важни за разумевање физике графенског двослоја и могу мотивисати даља истраживања. Користећи овако добијене својствене векторе, кандидаткиња је аналитички конструисала спектар квантне сплетености графенског двослоја. Поред тога, кандидаткиња је у овом раду разматрала топологију спектра квантне сплетености и однос спектра квантне сплетености и Хамилтонијана одговарајућег подсистема. Да би проучавала топологију спектра квантне сплетености дефинисала је Чернов број и Беријеву кривину својствених вредности спектра квантне сплетености. Модел је омогућио да се прецизно испита утицај тригоналног савијања на физику графенског двослоја и спектар квантне сплетености, као и тополошке особине спектра квантне сплетености. Кандидаткиња је показала да тополошке особине спектра квантне сплетености могу бити исте као и спектра одговарајућег подсистема и када се њихове геометријске особине разликују.

3.1.2 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према подацима из базе Web of Knowledge на дан 07.12.2020., радови кандидаткиње цитирани су укупно 30, од чега 28 пута изузимајући аутоцитате. Хиршов индекс је 2.

3.1.3 Параметри квалитета часописа

Соња Предин је публиковала четири рада у међународним часописима и то:

- два рада у врхунском међународном часопису *Physical Review B* (IF2012 = 3.767, IF2016 = 3.836, SNIP2012=1.39, SNIP2016=1.18),
- један рад у истакнутом међународном часопису *European Physical Journal B* (IF2017 = 1.465, SNIP2017=0.59) и
- један рад у врхунском међународном часопису *EPL Journal* (IF2017 = 1.957, SNIP2017= 0.76).

Библиометријски показатељи су сумирани у наредној табели:

	IF	M	SNIP
Укупно	11,025	29	3,92
Усредњено по чланку	2,756	7,25	0,98
Усредњено по аутору	5,853	17,167	2,143

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

При изради своје докторске дисертације, Соња Предин је показала висок степен самосталности у свим корацима научног рада, укључујући поставку проблема, истраживање, обраду резултата, и припрему публикација за објављивање у часопису.

Кандидаткиња има изражену међународну сарадњу, што се посебно види по томе што је завршила докторске студије на Универзитету у Регензбургу, Немачка, а тренутно је запослена као научни сарадник на Институту за информационе системе у Хофу, Немачка. Током реализације пројекта Mobidig, кандидаткиња је остварила сарадњу са академским партнерима на пројекту, катедром за саобраћајни инжињеринг Техничког универзитета у Минхену и групом за Supply Chain Services Фраунхофер Института у Нинбергу.

3.2 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

Имајући у виду да сва 4 рада имају највише 3 коаутора, сви радови се рачунају са пуном тежином.

3.3 Утицајност научних резултата

Утицајност научних резултата кандидаткиње је наведена у одељку 3.1 овог извештаја. Кандидаткиња је објавила три рада у врхунским међународним часописима (категиорија М21):

1. **Sonja Predin**, Entanglement spectrum of the degenerative ground state of Heisenberg ladders in a time-dependent magnetic field, *EPL* **119**, 57003 (2017), цитиран 2 пута.
2. **Sonja Predin**, Paul Wenk, John Schliemann, Trigonal Warping in Bilayer Graphene: Energy versus Entanglement Spectrum, *Phys. Rev. B* **93**, 115106 (2016), цитиран 11 пута.
3. М. V. Milovanovic, **S. Predin**, On the coexistence of antiferromagnetism and d + id superconducting correlations in the graphene bilayer, *Phys. Rev. B* **86**, 195113 (2012), цитиран 17 пута.

3.4 Учешће у пројектима, подпројектима и пројектним задацима

Соња Предин до сада је учествовала на следећим пројектима:

- Graduiertenkolleg 1570 "Electronic Properties of Carbon Based Nanostructures", који је

- фининсиран од стране Deutsche Forschungsgemeinschaft (2012.-2014., 2015.-2016.),
- Collaborative Research Center SFB 631 "Solid-State Based Quantum Information Processing", који је фининсиран од стране Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014.-2015.),
 - "Digital mobility of Hochfranken" (Mobidig), који је фининсиран од стране Немачког министарства за саобраћај и дигиталну инфраструктуру, укупни буџет пројекта је 2,97 милиона евра. Кандидаткиња је учествовала у реализацији пројекта у периоду од 2018.-2020.
 - "Shuttle-Modellregion Oberfranken" (SMO). Овај пројекат је већински финансиран од стране Немачког министарства за саобраћај и дигиталну инфраструктуру са 12 милиона евра од укупно 15 милиона евра. Преостала 3 милиона евра финансирана су од индустријских партнера. Кандидаткиња је активна на пројекту од 01.08.2020.

3.5. Активност у научним и научно-стручним друштвима

Током докторских студија кандидаткиња је била активни члан Немачког друштва физичара Deutsche Physikalische Gesellschaft.

Рецензије научних радова

Соња Предин је била рецензент једног рада у научном часопису *The European Physical Journal B*.

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

Кандидаткиња је значајно допринела сваком раду у чијој је припреми учествовала.

Један рад објавила је током дипломских студија под менторством др Милице Миловановић. Резултати истраживања, које је реализовано на Универзитету у Регенсбургу, публиковани су у остала три рада. Дала је кључни допринос у свим радовима у којима је први аутор. Допринос кандидаткиње се огледа у изради прорачуна, добијању, интерпретацији и презентацији резултата, писању радова и комуникацији са уредницима и рецензентима часописа.

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
M21	8	3	24
M22	5	1	5
M34	0,5	4	2
M70	6	1	6

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

Минимални број М бодова		Остварено, М бодова без нормирања
Укупно	16	37
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	29
M11+M12+M21+M22+M23	6	29

Према бази података *Web of Science* на дан 07.12.2020 године, радови кандидаткиње су цитирани укупно 30 пута, односно 28 пута не рачунајући самоцитате. Према истој бази, Хиршов индекс кандидаткиње је 2.

Закључак

Др Соња Предин у потпуности испуњава све услове за избор у звање научни сарадник предвиђене Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја. У досадашњем раду показала је изузетну способност за научноистраживачки рад и остварила оригиналне и међународно запажене научне резултате, што укључује и три рада М21 категорије.

Имајући у виду квалитет њеног научноистраживачког рада и достигнути степен истраживачке компетентности, са задовољством предлажемо Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Соње Предин у звање научни сарадник.

У Београду, 16.12.2020.

Чланови комисије:



др Милица Миловановић

научни саветник,

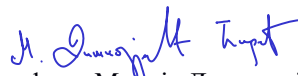
Институт за физику у Београду



др Ивана Васић

виши научни сарадник,

Институт за физику у Београду



проф. др Марија Димитријевић-Ћирић

редовни професор,

Физички факултет

Универзитет у Београду

