

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо на VIII седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 16. септембра 2020. године одређени за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације „**Magnetic impurities in superconductors: subgap states in quantum dots and effects of periodic local moments**” (наслов на српском језику: „**Магнетне нечистоће у суперпроводницима: стања унутар енергијског процепа у квантним тачкама и ефекти периодичних локалних момената**”) из научне области Физика кондензоване материје, коју је кандидат Willem-Victor van Gerven предао Физичком факултету у Београду, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Willem-Victor van Gerven је рођен 1986. године у Хагу, Холандија. Основне студије на Универзитету у Амстердаму је завршио 2009. године. Дипломски рад је био у области угаоно разложене фотоемисионе спектроскопије на високо температурним суперпроводницима. Део рада је урађен на синхротрону BESSY II у Берлину. Willem-Victor је 2012. године стекао мастер диплому на Универзитету у Амстердаму. Мастер рад је био у области теоријске физике на теми квантних интегралних и егзактно решивих модела.

Willem-Victor се преселио у Београд 2012. године где је започео рад на Институту за физику у Београду, најпре при Одељењу за стратешки раст, а потом у Иновационом центру Института за физику у Београду. Паралелно, Willem-Victor је започео научноистраживачки рад у оквиру Лабораторије за примену рачунара у науци и 2014. године је уписао докторске студије на Физичком факултету у Београду под менторством др Дарка Танасковића.

1.2. Научна активност

Научноистраживачки рад Willem-Victor van Gerven-а је у области теоријске физике кондензоване материје. Рад се одвијао у оквиру Лабораторије за примену рачунара у науци на Институту за физику у Београду под менторством др Дарка Танасковића.

Рад који је приказан у дисертацији обрађује две теме из физике суперпроводности. У првој теми је проучаван утицај локалних магнетних момената на електронски спектар и тунелне струје у конвенционалним суперпроводницима и полупроводник-суперпроводник наноструктурама. У присуству магнетних момената долази до појаве везаних, Yu-Shiba-Rusinov (YSR), стања и формирања резонанци унутар енергијског процепа суперпроводника. За описивање YSR стања коришћен је модел Андерсонове нечистоће купловане са суперпроводником за чије решавање је неопходно користити метод нумеричке ренормализационе групе. Ради стицања неопходне експертизе у овом нумеричком методу, Willem-Victor је провео 2016. године месец дана радећи на

Институту „Јожеф Стефан” у Љубљани, где је сарађивао са др Рок Житком. Овај рад се одвијао у оквиру билатералног пројекта са Словенијом „Јаке електронске корелације и суперпроводност”.

У другој теми рада Willem-Victor је проучавао могућност постојања суперпроводности s -типа симетрије параметра поретка у случају присуства периодичних локалних магнетних момената. Поред аналитичких прорачуна, важан део рада су чинили прорачуни Монте Карло методом у оквиру динамичке теорије средњег поља. Један део овог рада је урађен у сарадњи са др Јакшом Вучичевићем.

У досадашњем раду Willem-Victor van Gerven је објавио три рада у међународним часописима (два категорије M21 и један категорије M22). Према бази Web of Sciece, његови радови су до сада цитирани 28 пута без аутоцитата.

2. Опис предатог рада

2.1. Основни подаци

Докторска дисертација Willem-Victor van Gerven-а под називом „Magnetic impurities in superconductors: subgap states in quantum dots and effects of periodic local moments” (наслов на српском језику: „Магнетне нечистоће у суперпроводницима: стања унутар енергијског процепа у квантним тачкама и ефекти периодичних локалних момената”) је написана на енглеском језику на 110 страна, не рачунајући насловну страну, захвалнице, сажетак, садржај, биографију аутора и изјаве. Теза је подељена у 6 поглавља и садржи 6 додатака. У тексту се налази 30 слика и наведена је 151 референца.

Дисертација је урађена под менторством др Дарка Танасковића, научног саветника запосленог на Институту за физику у Београду. Он испуњава све услове прописане за менторство и именован је за ментора одлуком Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 24. јуна 2020. године. Резултати приказани у тези су објављени у једном раду у часопису Journal of Physics: Condensed Matter (рад [1] из списка радова) и једном раду у часопису Physical Review B (рад [2] из списка радова).

2.2. Предмет и циљ рада

Докторска дисертација Willem-Victor van Gerven-а обрађује две теме из физике магнетних нечистоћа у суперпроводницима. У првој теми рада испитиван је утицај локалних магнетних момената на електронски спектар и тунелне струје у конвенционалним суперпроводницима и наноструктурама. Постојање везаних стања услед расејања на магнетним нечистоћама познато је из радова са краја шездесетих година XX века. Ова стања носе назив Yu-Shiba-Rusinov (YSR) стања по ауторима који су открили овај ефекат. YSR стања одговарају резонанцама у електронском спектру унутар суперпроводног процепа. Интересовање за YSR стања је обновљено 1997. године када су ова стања идентификована помоћу скенирајуће тунелне микроскопије (СТМ). Проучавање YSR стања је посебно добило на интензитету у последњих неколико година због великог напретка у СТМ резолуцији, као и синтези наноструктура. Наиме, осим проучавање магнетних момената који настају од магнетних адатома на површини суперпроводника, интензивно се проучава и транспорт кроз квантне тачке у полупроводничким хетероструктурама које су спрегнуте суперпроводним контактима. Друга реализација квантних тачака се добија помоћу карбонских нанотуба.

Циљ првог дела дисертације је био одређивање дозвољених квантних прелаза и електронског спектра када се суперпроводник и квантна тачка налазе у Земановом магнетном пољу, тј. у магнетном пољу које је спрегнуто само са електронским спином, а не и са орбиталним кретањем. Ова претпоставка је сасвим реалистична у случају када је суперпроводник танак, а магнетно поље усмерено паралелно са узорком. У ранијим радовима је проучаван ефекат Земановог поља, али је узимано у обзир само спрезање поља са квантном тачком. За реалне системе, важно је урачунати утицај Земановог поља и на суперпроводник, где магнетно поље доводи до спински зависног спектра Богољубовљевих квазичестица.

У другој теми рада из дисертације прочавана је суперпроводност у периодичном Андерсоновом моделу у коме је додата привлачна Хабардова интеракција између проводних електрона. Периодичан Андерсонов модел (ПАМ) је један од основних модела за проучавање ефеката јаким електронским корелацијама. Овај модел описује утицај периодичних магнетних момената на транспортне и термодинамичке особине метала. ПАМ веома добро описује материјале које називамо тешки фермиони услед веома велике ефективне масе као последице интеракције. Многа једињења са атомима ретких земаља спадају у тешке фермионе. Једињења тешких фермиона су посебно занимљива због открића неконвенционалне суперпроводности у CeCu_2Si_2 1979. године. Неконвенционална суперпроводност је последица јаке електрон-електрон интеракције и не настаје услед интеракције електрона са вибрацијама решетке. Електрон-електрон интеракција обично доводи до спаривања у Куперове парове d -симетрије параметра поретка. Контroversно предвиђање суперпроводности s -симетрије 2013. године у моделу Кондо решетке је мотивисало рад на потрази за суперпроводним решењем s -симетрије у ПАМ моделу. Циљ овог дела дисертације је био да се одреди фазни дијаграм ПАМ модела са привлачном Хабардовом интеракцијом и механизам који доводи до суперпроводне фазе.

2.3. Публикације чији су резултати приказани у дисертацији

У овој докторској дисертацији су представљени резултати два рада, и то једног рада објављеног у часопису категорије M22 и једног рада објављеног у часопису категорије M21:

- [1] W. van Gerven Oei and D. Tanasković, *Reentrant s-wave superconductivity in the periodic Anderson model with attractive conduction band Hubbard interaction*, J. Phys. Cond. Matt. **32**, 325601 (2020).
M22; DOI: 10.1088/1361-648X/ab83b0; ISSN: 0953-8984; IF=2.707
- [2] W. van Gerven Oei, D. Tanasković, and R. Žitko, *Magnetic impurities in spin-split superconductors*, Phys. Rev. B **95**, 085115 (2017).
M21; DOI: 10.1103/PhysRevB.95.085115; ISSN: 2469-9969; IF=3.813

2.4. Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Ова докторска дисертација је подељена у 6 поглавља. Прво поглавље даје општи увод и мотивацију рада. Друго поглавље садржи кратак преглед кључних резултата о утицају магнетних нечистоћа на конвенционалне суперпроводнике. Поглавље 3 садржи приказ нумеричких метода који су коришћени у тези. То су метод нумеричке ренормализационе групе, метод квантног Монте Карло метода у континуалном времену за решавање једначина динамичке теорије средњег поља, као и метод егзактне дијагонализације.

У поглављу 4 приказани су резултати студије YSR стања у Земановом магнетном пољу, који су објављени у раду [2]. YSR стања су проучавана на два начина. Најпре је разматран модел са класичим спиновима у суперпроводнику који је куплованом са спољашњим паралелним магнетним пољем. У овом случају може да се добије аналитичко решење где се YSR екситације налазе као полови у локалној Гриновој функцији. Показано је постојање две YSR резонанце које се померају са променом спољашњег поља. Занимљиво је да оштра резонанца опстаје и када дође до преклапања са Богољубовљевим квазичестицама супротног спина.

Квантна нечистоћа спина $1/2$ која је динамички спрегнута са суперпроводником се веома добро описује моделом Андерсонове нечистоће. Овај модел је проучаван методом нумеричке ренормализационе групе (NRG). Коришћен је *NRG Ljubljana* код, чији је аутор Рок Житко са Института „Јожеф Стефан“. Ово је јединствен метод који омогућава проучавање веома уских резонанци у спектру у близини Фермијевог нивоа. Добијена је комплекснија физичка слика него за класичан спин. Показано је да резултати веома зависе од односа g -фактора за квантну тачку и суперпроводник. Установљено је да се критично магнетно поље за синглет-дублет прелаз мења немонотонно у функцији суперпроводног процепа. Ово је последица два механизма: Зеeman-овог раздвајања YSR стања и затварања процепа услед спинског ефекта на Богољубовљева стања. Такође, утврђено је да спин-орбитно спрезање доводи до ширења YSR резонанци ако постоји преклапање са Богољубовљевим квазичестицама супротног спина.

У поглављу 5 проучаван је ефекат периодичних магнетних момената у суперпроводнику s -типа. Главни резултати из овог дела дисертације су објављени у раду [1]. У случају мале концентрације магнетних нечистоћа познато је да конкуренција између суперпроводног спаривања и Кондо екранирања може да доведе до уметнуте суперпроводне фазе у интервалу температура $T_{c2} < T < T_{c1}$, при чему се систем враћа у нормалну фазу на $T < T_{c2}$ фазним прелазом првог реда. Ово се објашњава као последица Кондо физике и јавља се у случају када је Кондо температура T_K много мања од критичне температуре чистог система T_{c0} . У дисертацији је проучаван периодични Андерсонов модел са придодатом (привлачном Хабардовом) интеракцијом спаривања између проводних c -електрона. Одбојна интеракција U на f -орбиталама је третирана у оквиру теорије динамичког средњег поља (DMFT), док је интеракција спаривања урачуната на нивоу статичког средњег поља.

DMFT једначине су решене помоћу квантног Монте Карло метода у континуалном времену у развоју по хибридизацији користећи нумерички код који је развио Кристијан Хауле са Универзитета Ратгерс у САД. Установљен је прелаз првог реда из нормалне фазе у суперпроводну фазу, али само за изненађујуће велики BCS параметар спаривања. Овај фазни прелаз је праћен појавом хистерезиса при мењању BCS параметра, а такође је нађено и уметнуто суперпроводно решење за интервал температура $T_{c2} < T < T_{c1}$ као последица конкуренције суперпроводног спаривања и хибридизације c и f електрона.

Фазни дијаграм је на квалитативном нивоу репродукован користећи поједностављени неинтерагујући дуални модел. Овај модел се своди на полазни у неколико граничних случајева, а решење између граничних случајева је приближно и не узима у обзир многочестични Кондо ефекат. Овим је показано да је ефекат уметнуте суперпроводности за $T_{c2} < T < T_{c1}$ у периодичном случају последица зонске структуре, а не Кондо физике, као што је случај за разређене нечистоће.

Закључци дисертације су приказани у поглављу 6. Поједина аналитичка извођења једначина, као и нумеричке провере су приказани у додацима А-Ф.

3. Списак публикација кандидата

У својој досадашњој каријери, кандидат је објавио два рада у часописима категорије М21 и један рад у часопису категорије М22:

- [1] W. van Gerven Oei and D. Tanasković, *Reentrant s-wave superconductivity in the periodic Anderson model with attractive conduction band Hubbard interaction*, J. Phys. Cond. Matt. **32**, 325601 (2020).
M22; DOI: 10.1088/1361-648X/ab83b0; ISSN: 0953-8984; IF=2.707
- [2] W. van Gerven Oei, D. Tanasković, and R. Žitko, *Magnetic impurities in spin-split superconductors*, Phys. Rev. B **95**, 085115 (2017).
M21; DOI: 10.1103/PhysRevB.95.085115; ISSN: 2469-9969; IF=3.813
- [3] B. Pozsgay, W.-V. van Gerven Oei, and M. Kormos, *On form factors in nested Bethe ansatz systems*, J. Phys. A: Math. Theor. **45**, 465007 (2012).
M21; DOI: 10.1088/1751-8113/45/46/465007; ISSN: 1751-8113; IF=1.766

4. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Magnetic impurities in superconductors: subgap states in quantum dots and effects of periodic local moments**” (наслов на српском језику: „**Магнетне нечистоће у суперпроводницима: стања унутар енергијског процепа у квантним тачкама и ефекти периодичних локалних момената**”) из научне области Физика кондензоване материје, чији је аутор Willem-Victor van Gerven, као и на основу оцене тог извештаја коју је дао ментор (извештај из програма и оцена извештаја се налазе у прилогу), констатујемо да утврђено подударање текста износи до 2%. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, као и употребе стандардних фраза при описивању моделних хамилтонијана.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

5. Закључак

На основу изложеног, Комисија закључује да резултати кандидата Willem-Victor van Gerven-a приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају изузетно оригиналан и значајан научни допринос у области физике кондензоване материје. Из области дисертације кандидат има два објављена рада, од чега један у врхунском (M21, ИФ=3.813) и један у истакнутом међународном часопису (M22, ИФ=2.707). Сходно томе, комисија предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да одобри јавну одбрану докторске дисертације

Magnetic impurities in superconductors: subgap states in quantum dots and effects of periodic local moments

(Магнетне нечистоће у суперпроводницима: стања унутар енергијског процепа у квантним тачкама и ефекти периодичних локалних момената)

У Београду, 16. 9. 2020. године

др Дарко Танасковић
научни саветник
Институт за физику у Београду

проф. др Ђорђе Спасојевић
редовни професор Физичког факултета

др Зорица Поповић
доцент Физичког факултета

др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду

Magnetic impurities in superconductors: subgap ...

By: Willem Victor van Gerven

As of: Jul 17, 2020 5:02:05 PM
39,592 words - 39 matches - 20 sources

Similarity Index

2%

Mode: Summary Report ▼

sources:

370 words / 1% - Crossref

[Kristjan Haule. "Quantum Monte Carlo impurity solver for cluster dynamical mean-field theory and electronic structure calculations with adjustable cluster base", Physical Review B, 2007](#)

52 words / < 1% match - Internet from 16-Apr-2009 12:00AM

www.physik.uni-augsburg.de

47 words / < 1% match - Internet from 16-Apr-2018 12:00AM

opus.bibliothek.uni-augsburg.de

45 words / < 1% match - Internet from 26-Jun-2020 12:00AM

fedorabg.bg.ac.rs

31 words / < 1% match - Internet from 20-Mar-2020 12:00AM

nardus.mpn.gov.rs

31 words / < 1% match - Internet from 29-Feb-2020 12:00AM

nardus.mpn.gov.rs

30 words / < 1% match - Crossref

[Antoine Georges. "Dynamical mean-field theory of strongly correlated fermion systems and the limit of infinite dimensions", Reviews of Modern Physics, 01/1996](#)

20 words / < 1% match - Internet from 11-Nov-2017 12:00AM

ediss.sub.uni-hamburg.de

20 words / < 1% match - Internet from 15-Jul-2020 12:00AM

meetings.aps.org

20 words / < 1% match - Internet from 26-Jun-2017 12:00AM

qdev.nbi.ku.dk

20 words / < 1% match - Crossref

[R Žitko, J Mravlje, A Ramšak, T Rejec. "Spin thermopower in the overscreened Kondo model", New Journal of Physics, 2013](#)

18 words / < 1% match - Internet from 19-Apr-2019 12:00AM

repository.tudelft.nl

18 words / < 1% match - Crossref

[Rok Žitko, Oliver Bodensiek, Thomas Pruschke. "Effects of magnetic anisotropy on the subgap excitations induced by quantum impurities in a superconducting host", Physical Review B, 2011](#)

17 words / < 1% match - Crossref

[Qimiao Si, Jedediah H. Pixley, Emilian Nica, Seiji J. Yamamoto, Pallab Goswami, Rong Yu, Stefan Kirchner. "Kondo Destruction and Quantum Criticality in Kondo Lattice Systems", Journal of the Physical Society of Japan, 2014](#)

16 words / < 1% match - Internet from 01-Apr-2017 12:00AM

theorie.physik.uni-wuerzburg.de

16 words / < 1% match - Internet from 24-Feb-2017 12:00AM

t1.physik.tu-dortmund.de

15 words / < 1% match - Internet from 12-Jan-2019 12:00AM

export.arxiv.org

15 words / < 1% match - Internet from 26-Mar-2019 12:00AM

edoc.hu-berlin.de

15 words / < 1% match - Internet from 21-Apr-2020 12:00AM

royalsocietypublishing.org

15 words / < 1% match - Internet from 14-Apr-2010 12:00AM

lambda.gsfc.nasa.gov

paper text:

University of Belgrade Faculty of Physics Willem-Victor van Gerven MAGNETIC IMPURITIES IN SUPERCONDUCTORS: SUBGAP STATES IN QUANTUM DOTS AND EFFECTS OF PERIODIC LOCAL MOMENTS Doctoral Dissertation Belgrade, 2020 Univerzitet u Beogradu Fizički fakultet Willem-Victor van Gerven MAGNETNE NEČISTOĆE U SUPERPROVODNICIMA: STANJA UNUTAR ENERGIJSKOG PROCEPA U KVANTNIM TAČKAMA I EFEKTI PERIODIČNIH LOKALNIH MOMENATA

Doktorska disertacija Beograd, 2020. Thesis defense committee Thesis advisor, Committee member: Dr. Darko Tanasković Research Professor Institute of Physics Belgrade University of Belgrade Committee member: Dr.

D-ord-e Spasojević Full

Professor Faculty of Physics University of Belgrade Committee member: Dr. Zorica Popović Assistant Professor Faculty of Physics University of Belgrade Committee member: Dr. Antun Balaž Research Professor Institute of Physics Belgrade University of Belgrade i Dedicated **to**

al I who supported me ii Acknowledgments

This thesis was completed at the Scientific Computing Laboratory, National Cen- ter of Excellence for the Study of Complex Systems, Institute of Physics Belgrade under supervision of Dr. Darko Tanasković. The funding was provided by the Institute of

Physics Belgrade, through the grant by the Ministry of Education, Science, and Technological Development of the Republic of Serbia. First and

foremost I want to express my sincerest gratitude to Dr. Aleksandar Belić and Dr. Aleksandar Bogojević for their hospitality and willingness to accept me as a part of the Institute of Physics Belgrade (IPB) family. Without their generosity it would not have been possible for me to build a life

ПРИЛОГ 2

ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Magnetic impurities in superconductors: subgap states in quantum dots and effects of periodic local moments**” (наслов на српском језику: „**Магнетне нечистоће у суперпроводницима: стања унутар енергијског процена у квантним тачкама и ефекти периодичних локалних момената**”) из научне области Физика кондензоване материје, чији је аутор Willem-Victor van Gerven, констатујем да утврђено подударање текста износи до 2%. Овај степен подударности последица је тзв. општих места и података, као и употребе стандардних фраза при описивању моделних хамилтонијана.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 28. 8. 2020. године

др Дарко Танасковић
научни саветник
Институт за физику у Београду