

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФИЗИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Пошто смо одлуком Наставно-научног већа Физичког факултета, на седници одржаној 24.10.2018. године у Београду, одређени за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Светислава Мијатовића, мастер физичара и студента докторских студија Физичког факултета, под називом „Прелазак са тродимензионих на дводимензионе системе и утицај броја суседа на критично понашање атермалног неравнотежног Изинговог модела са случајним пољем“ из уже научне области Физика кондензоване материје и статистичка физика, коју је он предао Физичком факултету дана 22.10.2018. године, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Основни подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Светислав Мијатовић је рођен 17.05.1991. године у Новој Градишки. Основну школу је завршио у Барајеву, а потом Математичку гимназију у Београду. Основне академске студије је завршио на Физичком факултету Универзитета у Београду 2013. године, у предвиђеном року од 4 године, са просеком 10. Мастер академске студије је такође завршио на Физичком факултету Универзитета у Београду са просеком 10 уз одбрањени мастер рад под називом „Спектри снаге у неравнотежном дводимензионом Изинговом моделу са случајним пољем“, под менторством проф. др Ђорђа Спасојевића. 2014. године је уписао докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, ужа научна област Физика кондензоване материје и статистичка физика, под менторством проф. др Ђорђа Спасојевића, редовног професора Физичког факултета Универзитета у Београду.

Током основних студија Светислав је био ангажован у Математичкој гимназији у припреми ученика за такмичења из физике. Од школске 2013/2014. године, учествује у извођењу наставе на Физичком факултету као сарадник у настави. До сада је био ангажован за држање лабораторијских и рачунских вежби из 6 предмета: Лабораторија физике 1 (2013/14.-2016/17. и 2018/19. проф. др Ђорђе Спасојевић), Лабораторија физике 2 (2013/14-2018/19. проф. др Ђорђе Спасојевић и доц. др Зоран Поповић), Обрада резултата мерења (2013/14. проф. др Ђорђе Спасојевић), Физичка механика (2015/16.-2016/17. доц. др Божидар Николић), Молекуларна физика и термодинамика (2014/15.-2016/17. доц. др Божидар Николић) и Електромагнетизам

(2016/17. проф др Милорад Кураица). Школске 2015/16. и 2016/17. Светислав је учествовао у раду Државне комисије за такмичења ученика средњих школа из физике као састављач задатака и као секретар поменуте Комисије.

1.2. Научна активност

Кандидат се у свом истраживању бави нумеричким истраживањима у неравнотежној статистичкој физици, са акцентом на неравнотежној динамици феромагнетика. Запослен је као истраживач сарадник на пројекту 171027 „Суперпроводност, магнетизам и флукуационе појаве“ Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Има објављена два рада у међународним часописима М21 категорије. Своје резултате је презентовао на конференцији „Workshop on avalanche processes in condensed matter physics and beyond“ у Барселони која се одржавала од 9. до 13. јануара 2017. године.

2. Опис предатог рада

2.1. Основни подаци

Докторска дисертација кандидата је урађена под менторством др Ђорђа Спасојевића, редовног професора Физичког факултета Универзитета у Београду. Ментор испуњава услове Физичког факултета за руковођење израдом докторске дисертације, јер је у научном звању и аутор је великог броја радова из области неравнотежних модела феромагнетика који су објављени у врхунским међународним часописима и представљени на међународним и домаћим конференцијама. Теза је написана на 117 страна не рачунајући насловну страну, захвалнице, сажетак, садржај, биографију аутора и неопходне изјаве, све у складу са упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација је подељена у 8 глава уз један додаток и садржи укупно 71 слику, од чега је 13 из литературе, док је 58 слика властитих резултата, и 11 табела, 3 из литературе и 8 властитих. Наведено је 74 референце.

2.2. Предмет и циљ рада

Изучавање магнетних система је један од најважнијих праваца у физици кондензованог стања материје. У оквиру тих изучавања истакнуто место заузимају истраживања Баркхаузеновог ефекта, који се испољава у виду наглих скокова магнетизације феромагнетних система приликом споре и континуалне промене спољног магнетног поља.

Изучавања Баркхаузеновог шума су дала једну од првих потврда Вајсове

квалитативне теорије магнетних домена и омогућила детаљнији увид у еволуцију феромагнетика вођених променљивим спољним пољем. Тако се јавила потреба за даљим развијањем теоријских модела феромагнетика који би могли да дају и квантитативно предвиђање њиховог понашања. Један такав модел је Изингов модел. Оригинални модел успешно описује статичко понашање чистих монодоменских феромагнетика и испољава нетривијално критично понашање за димензије система 2 и 3, док се при већим димензијама понаша у складу са апроксимацијом средњег поља. У циљу описа динамике реалних магнетних система чист Изингов модел је 80-их година двадесетог века проширен на Изингов модел са случајним пољем.

Посебна пажња у изучавању Изинговог модела са случајним пољем је посвећена понашању неравнотежне варијанте модела на нули температуре. Обзиром да тада нема термалних флукуација, понашање система зависи једино од расподеле замрзнутих нечистоћа чију ширину контролише параметар неуређености. Овим моделом је успешно објашњен низ експерименталних појава.

За атермални неравнотежни Изингов модел са случајним пољем је при димензијама $2 \leq d \leq 5$ показано постојање фазног прелаза из парамагнетне у феромагнетну фазу, док се за $d \geq 6$ понашање система описује у апроксимацији средњег поља. Нумерички је прво испитана критичност овог модела на еквилатералним системима у три и више димензија, док се касније показало да се критично понашање испољава и у две димензије.

Данас се, међутим, многа експериментална истраживања односе на танке филмове, те се поставља питање да ли су они тродимензиони, или се ефективно понашају као дводимензиони системи, јер им је једна димензија знатно мања од остале две. Овом значајном питању до сада није посвећена довољна пажња, те у литератури постоји само неколицина радова који се односе на неравнотежне моделе и нешто већи број радова посвећених равнотежним системима. Стога се у овој тези изучава понашање атермалног неравнотежног Изинговог модела са случајним пољем при преласку са три на две димензије.

Питање понашања модела при смањивању једне од димензија је мотивисано експерименталним радом на танким филмовима. Међутим, то питање спонтано доводи и до једног другог питања чисто теоријске природе. Како се смањује једна од линеарних димензија посматране решетке тако се мења и број суседа сваког спина у тој решетки. На пример, у случају кубне решетке са затвореним граничним условима сваки спин има

6 најближих суседа у тродимензионим, а по 4 у дводимензионим системима. Али на решеткама дебљине 2 сваки спин има по 5 најближих суседа ако су гранични услови по дебљини система отворени. До сада је сматрано да на критичност модела утиче само димензионалност, што би значило да дводимензиони модел има исти скуп критичних експонената без обзира на то каква је базна решетка (квадратна, троугаона, хексагонална...). Међутим, неке новије теоријске анализе су указале да на критично понашање утиче и број најближих суседа. Провери тачности овог предвиђања је посвећен други део тезе. Испитивано је понашање дводимензионе решетке која има 3, односно 6 најближих суседа (хексагонална и троугаона респективно) и понашање тродимензионе решетке која има 3 најближа суседа.

Циљеви тезе се могу поделити у две целине:

- понашање атермалног неравнотежног Изинговог модела са случајним пољем при преласку са три на две димензије, односно при смањивању дебљине система;
- утицај броја суседа на критично понашање истог модела.

2.3. Публикације

У овој докторској дисертацији су представљени резултати 2 рада објављена у часописима M21 категорије:

[1] S. Janićević, S. Mijatović, Dj. Spasojević, “*Critical behavior of the two-dimensional nonequilibrium zero-temperature random field Ising model on a triangular lattice*”, Phys. Rev. E **95**, 042131 (2017);

[2] Dj. Spasojević, S. Mijatović, V. Navas-Portella, E. Vives, “*Crossover from three-dimensional to two-dimensional systems in the nonequilibrium zero-temperature random field Ising model*”, Phys. Rev. E **97**, 012109 (2018);

док је још један рад на рецензији (часопис Scientific Reports), а препринт овог рада је постављен на arXiv:

[3] B. Tadić, S. Mijatović, S. Janićević, Dj. Spasojević, G. J. Rodgers arXiv:1810.06855.

2.4. Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Дисертација је подељена у 8 глава, од којих су прве три увод и презентација до сада познатих резултата, а последњих 5 су оригинални резултати кандидата. Додатак на крају дисертације даје кратак опис програма који је коришћен за симулације модела.

У првој глави су дата уводна разматрања о пореклу и актуелностима везаним за изложу проблематику, пре свега са акцентом на експерименталном и теоријском раду на танким феромагнетним филмовима и тракама.

Друга глава садржи опис Изинговог модела са случајним пољем, заједно са најбитнијим параметрима и величинама модела. Акцент је стављен на атермалну и неравнотежну верзију модела.

У трећој глави је дат преглед резултата добијених на дводимензионом и тродимензионом Изинговом моделу са случајним пољем на еквилатералним системима. Наведене су функције скалирања одзива система, илустроване сликама које приказују колапсе одговарајућих величина потврђујући исправност функција скалирања. На крају главе се налазе три табеле са вредностима критичних експонената, као и комбинација критичних експонената и неуниверзалних критичних параметара модела у три и две димензије.

Четврта глава се бави теоријским предикцијама понашања одређених величина у системима код којих су две димензије (дужина и ширина) једнаке, док је трећа димензија (дебљина) мања (системи типа $L \times L \times l$). Најбитније предикције су аналитички израз за ефективну критичну неуређеност система типа $L \times L \times l$, као и за критичну неуређеност система дебљине l у термодинамичком лимиту, односно када две веће димензије теже бесконачности. У циљу провере изнетих предикција су предложене и функције скалирања одговора система, као што је величина, трајање и енергија лавина уколико се неке од димензија система држе константним, а неке не. Обзиром да у свим тим функцијама битну улогу игра критична неуређеност, онда је њиховом провером могуће проверити и исправност израза за критичну неуређеност.

У глави 5 су приказане нумеричке потврде аналитичких предикција из главе 4. Искрпним симулацијама се дошло до неколико вредности ефективних критичних неуређености за величине L и l из одређеног опсега чиме је било могуће проверити предложену аналитичку форму за ефективну критичну неуређеност система типа $L \times L \times l$. Показало се да предложена форма веома добро одговара целом опсегу дужина (ширина) и дебљина система. Такође, добро колапсирање одговарајућих величина помоћу функција предложених у претходној глави је потврдило и адекватност предложене форме за критичну неуређеност система дебљине l , чиме је по први пут дата теоријска предикција за одређивање вредности критичних параметара система који није еквилатералан.

У глава 6 је дат специјални осврт на понашање система типа $L \times L \times l$ при неуређености која је једнака ефективној критичној за тај систем. То је битно стога што се мноштво феномена манифестује управо на ефективној критичној неуређености. Показано је како изгледају дистрибуције параметара лавина као и криве просечног облика лавина и моделне функције којима се те криве фитују. На тај начин се добијају вредности критичних експонената чију је промену при мењању дебљине система могуће пратити. Додатно, предложен је квалитативни метод поређења експерименталних и нумеричких резултата који би омогућио квантитативну процену неуређености у експерименталном узорку.

У глави 7 су представљени резултати за критично понашање модела на различитим типовима еквилатералних решетки са различитим бројем најближих суседа. Супротно досадашњем схватању, испоставило се да се критично понашање мења у зависности од типа базне решетке у моделу иако је димензионалност система иста. Испитано је понашање система на дводимензионој решетки са троугаоном и са хексагоналном основом, и ти резултати су поређени са, раније познатим, резултатима за дводимензиону решетку са квадратном основом. Такође, приказани су и резултати испитивања критичног понашања модела на тродимензионој решетки са три најближа суседа и упоређени су са понашањем модела на тродимензионој решетки са кубном основом, што је од значаја за класификацију класа универзалности Изинговог модела са случајним пољем.

У осмој глави је дат закључак и дискусија резултата дисертације.

3. Списак публикација

Радови у врхунским међународним часописима (категорија M21)

[1] S. Janičević, S. Mijatović, Dj. Spasojević, “*Critical behavior of the two-dimensional nonequilibrium zero-temperature random field Ising model on a triangular lattice*”, Phys. Rev. E **95**, 042131 (2017);

[2] Dj. Spasojević, S. Mijatović, V. Navas-Portella, E. Vives, “*Crossover from three-dimensional to two-dimensional systems in the nonequilibrium zero-temperature random field Ising model*”, Phys. Rev. E **97**, 012109 (2018).

Рад на arXiv-у

[1] B. Tadić, S. Mijatović, S. Janičević, Dj. Spasojević, G. J. Rodgers
arXiv:1810.06855.

4. Провера оригиналности докторске дисертације

Провером оригиналности докторске дисертације Светислава Мијатовића, спроведене 25.10.2018. године од стране Универзитетске библиотеке Светозар Марковић, Београд, на основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (http://valtez.rcub.bg.ac.rs/Files/Pravilnik_o_postupku_provere_originalnosti-dok_disert.pdf) помоћу програма “iThenticate”, утврђено је да дисертација садржи 2% текста који се јавља у другим текстовима доступним библиотеци (базе свих часописа са SCI листе, базе докторских дисертација и мастер теза у свету и код нас). Поклапања су нађена са укљученим опцијама: “Quotes Excluded” (изоставља из провере цитирани текст) и “Bibliography Excluded” (изоставља из провере референце). Највећи део поклапања се односи на математичке формуле које се јављају у публикованим радовима докторанда, док је остатак грешка програма (нпр. појединачне речи или мале групе речи као што су “докторска дисертација”, “Београд, 2018”, “др”, “редовни професор”, “факултет” и слично).

Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација Светислава Мијатовића у потпуности оригинална, као и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања и навођења, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

ЗАКЉУЧАК

На основу изложеног, Комисија закључује да резултати кандидата Светислава Мијатовића, приказани у оквиру ове докторске дисертације представљају значајан и оригиналан научни допринос у области физике кондензоване материје и статистичке физике. Из области дисертације кандидат има 2 објављена рада у врхунским међународним часописима. Сходно томе, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата Светислава Мијатовића под насловом:

„Прелазак са тродимензионих на дводимензионе системе и утицај броја суседа на критично понашање атермалног неравнотежног Изинговог модела са случајним пољем“

и предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да прихвати и одобри њену јавну одбрану.

У Београду 26.10.2018. године

проф. др Милан Кнежевић

Редовни професор, Физички факултет, Универзитет у Београду

др Сања Јанићевић

Научни сарадник, Физички факултет, Универзитет у Београду

доц. др Ђорђе Стратимировић

Доцент, Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду
