

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора
ЛЕБОВКИ Миколи Івановича
на дисертаційну роботу

Мар'яни Богданівни КРАСНИЦЬКОЇ

на тему: “Колективна поведінка на складних мережах: Фундаментальні аспекти та застосування” представлену на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 — теоретична фізика (104 – фізика та астрономія)

Актуальність теми дослідження

Дисертаційну роботу М. Б. Красницької присвячено вивченню колективної поведінки на складних мережах і розробці нових спінових моделей для дослідження такої поведінки із застосуванням аналітичних методів та чисельного моделювання. Робота ґрунтується на аналізі широкого спектру моделей поведінки багаточастинкових систем з нетривіальною архітектурою, явищ впорядкування, а також формування соціальних мереж співавторства та семантичних мереж понять. Це надзвичайно важливо для розробки сучасних методів аналізу поширення інформації, структури соціальних мереж, і явищ самоорганізації у різноманітних системах. Робота є надзвичайно актуальною та відповідає сучасним викликам у теоретичній фізиці.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій

Результати даної дисертаційної роботи базуються на поєднанні різноманітних аналітичних методів та чисельного моделювання, що забезпечує їх високу достовірність. Аналітичні методи ґрунтуються на використанні наближення неоднорідного середнього поля, формалізму Лі-Янга-Фішера, і методу теоретико-польової ренормалізаційної групи. В роботі використано також, методи теорії складних мереж, мінімізаційний метод модельованого відпалу (simulated annealing) і Монте-Карло симуляції ґраткових спінових систем для пошуку ефективних критичних показників. Отримані результати узгоджуються з даними інших авторів. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій засвідчують публікації у рейтингових міжнародних журналах та презентації на представницьких конференціях і семінарах.

Наукова новизна та основні результати

У роботі проведено узагальнені дослідження колективної поведінки багаточастинкових систем, що описуються топологією складних мереж. Проаналізовано особливості фазових переходів у магнетиках з нетривіальною архітектурою і явища впорядкування у класичних моделях статистичної фізики. Вперше досліджено поведінку моделі Поттса з невидимими станами і виявлено особливий тип критичної поведінки. Вперше розглянуто модель на повному графі та на безмасштабній мережі у різних діапазонах параметрів. Проведено детальний аналіз поведінки нової спінової моделі Ізінга зі змінною величиною елементарного магнітного моменту. Проаналізовано фазові діаграми для такої системи і проведено аналіз розгляду такої моделі на складних мережах (повному графі, графі Ердоша-Рені та безмасштабній мережі). Запропоновано нову модель структурно-невпорядкованого магнетика, що належить до класу універсальності моделі Ізінга з розведеними вузлами. Виконано оригінально Монте-Карло дослідження, що підтверджують теоретичні результати. Проведено також детальний аналіз мереж понять.

Модель Поттса з невидимими станами була використана для пояснення розбіжностей між теорією та експериментами в 2D-магнетиках. Продемонстровано, що невидимі стани перетворюють перехід у моделі перколяції зв'язків на фазовий перехід першого роду. Розроблена узагальнена модель Ізінга дозволяє краще зрозуміти критичну поведінку у складних системах та мережах, враховуючи як індивідуальні властивості (сила спіна), так і глобальну топологію (структуру мережі).

Результати викладено в дисертації у 7 розділах. У Вступі подано обґрунтування актуальності теми, формулювання мети та завдань дослідження, визначення наукової

новизни та практичної значущості результатів. Розділ 1 містить огляд літератури з аналізом сучасних підходів до опису складних мереж, їх основних моделей, типів і характеристики. Проаналізовані основні стандарні спінові моделі (модель Ізінга, модель Поттса) на безмасштабній мережі і модель Ізінга зі змінною величиною спіна. Дано аналіз моделей, що дозволяють регулювати рід фазового переходу. У висновках до цього розділу дано аналіз існуючих проблем, які були проаналізовані у процесі виконання даної дисертаційної роботи. У розділі 2 проаналізовано модель Поттса з невидимими станами на графах різної топології. Показано, що параметр кількості невидимих станів r в цій моделі може регулювати порядок фазового переходу, коли при $r > r_c$, перехід відбувається за типом фазового переходу першого роду. Проаналізовано також моделі на повному графі і на безмасштабній мережі. Розділ 3 присвячено дослідженню модифікованої моделі Ізінга зі змінною величиною спіна на складних мережах. Така модель імітує полідисперсність у магнітних моментах елементарних взаємодіючих спінів. Проаналізована поведінка для моделей на повному графі, графі Ердоша-Рені, та моделі на відпаленій безмасштабній мережі. Проаналізовано фазову діаграму. У розділі 4 описано дослідження поведінки скейлінгових функцій класичних моделей статистичної фізики на складних мережах. Вивчена поведінка вільної енергії та проаналізована фазова діаграма моделі на трьох типах графів в режимі фазового переходу другого роду. Особливу увагу приділено порівняльному аналізу стандартної моделі Ізінга та моделі Ізінга зі змінною величиною спіна на графах різної топології. Розділ 5 присвячено вивченню структурного безладу і магнітного впорядкування при використанні аналітичного підходу і чисельних симуляцій. Дано порівняння для моделі Ізінга з немагнітними домішками та моделі зі спінами двох різних величин. Проведений аналітичний і числовий аналіз для 3D-моделі Ізінга зі змінною величиною спіна дозволив зрозуміти вплив структурного безладу на магнітні фазові переходи. У розділі 6 проведено аналіз поведінки нулів статистичної суми у комплексній площині у теорії фазових переходів на мережах. Проаналізована критична поведінка моделі Блюма-Капеля на повному графі, і нулів статистичної суми в комплексній площині параметрів (магнітному полі (нулі Лі-Янга), температурі (нулі Фішера) та кристалічному полі (нулі кристалічного поля)). Розділ 7 присвячено дослідженню складних мереж для візуалізації соціальних і наукометричних систем. Виконано цікаві дослідження по аналізу мережі співавторства журналу ЖФД в Україні і мереж на базі препринтів ArXiv. На основі цих досліджень була запропонована нова модель, яка пояснює еволюцію таких мереж.

Повнота викладу в наукових публікаціях

За темою дисертації опубліковано 13 статей у виданнях, що індексуються у Scopus і Web of Science, із яких 7 — у журналах Q2 за класифікацією Scimago Journal & Country Rank. Дисертантка також представляла результати роботи на конференціях високого рівня в Україні та за кордоном (всього 24 тез конференцій).

Відсутність академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

У дисертації та публікаціях М. Б. Красницької не виявлено академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів. Більшість статей мають відмітку Crossmark, що забезпечує актуальність та достовірність контенту статті та гарантує прозорість (відсутність відкликання через помилки чи плагіат). Дисертантка докладно окреслила свій особистий внесок у спільних публікаціях. Ідеї, теоретичні засади, методи, а також експериментальні й теоретичні результати інших авторів, використані в наукових працях і дисертації, належним чином супроводжені посиланнями на відповідні джерела.

Дискусійні питання та зауваження

Робота виконана на високому науковому рівні, проте до неї можна висловити низку питань і зауважень, зокрема й технічного характеру:

1. Інколи, в Рефераті використовуються символи без детально пояснення. Наприклад, «для 2D моделі Поттса, яка для $q \leq 4$ » (на даному етапі варто пояснити, що таке параметр $q?$), . Інколи скорочення вводяться значно раніше чим розшифровка, наприклад, ЖФД

(стор. 4) і “Журналу Фізичних Досліджень”(ЖФД) (стор. 6). Інколи використовуються таке поняття, як “товстіший” хвіст функції розподілу. Тут варто було б надати більш детальне пояснення.

2. При описі даних по чисельному моделюванні Монте-Карло варто було б надати обґрунтування вибраних значень параметрів, наприклад N_{samples} , N_{sweeps} . Бажано було також дати більш детальну інтерпритацію скейлінгової поведінки, тобто зажежності від розміру системи L .

3. В роботі (рефераті і дисертації) дано посилання на проект FP7 EU IRSES № IRSES project №612669. Я думаю, що малося на увазі проект FP7 EU ~~IRSES №~~ IRSES project №612669.

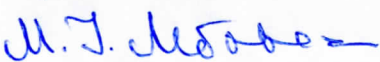
4. Список опублікованих праць за темою дисертації. Реферат (стор. 35). Посилання [8] тут позначено (to appear). Дисертація (стор. 12), посилання [13] позначено (accepted). В списку використаних джерел в деяких посиланнях використовуються скорочення типу «Головач, Красницька, Мриглод, and Ровенчак» ([24]стор. 224), «Красницька, Головач» ([39], стор. 225) і т.і.

5. В рефераті і роботі деякі малюнки не досить детально описані. Так наприклад Рис. 9а (реферат) і рис. 6.10 (дисертація). Тут бажано було б більш детально описати значимість висновку: “Кут розташування нулів $\sim \pi/4$. Зелена лінія утворює точний кут $\phi = \pi/4$ з дійсною віссю”.

6. Дисертація, Висновки. Стор. 219. Незрозумілим є твердження Такі поправки мають вигляд (??).

Варто зауважити, що наведені вище зауваження мають несуттєвий характер і жодним чином не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Вважаю, що дисертаційна робота **Мар’яни Богданівни КРАСНИЦЬКОЇ** “Колективна поведінка на складних мережах: Фундаментальні аспекти та застосування” виконана з а всіма вимогами спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика, повністю відповідає всім вимогам МОН України щодо докторських дисертацій, що містяться у пунктах 7, 8 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 502 від 19.05.2023 та № 507 від 03.05.2024, а її авторка заслуговує присудження наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.24 – теоретична фізика.

Офіційний опонент:



М.І. Лебовка
професор, доктор фізико-математичних наук
завідувач лабораторії фізичної хімії дисперсних
мінералів
E-mail: lebovka@gmail.com

Власноручний підпис професора М.І. Лебовки підтверджую

Вчений секретар:



О. Ю. Войтенко
кандидат хімічних наук,
E-mail: elvoitenko@urk.net

Інститут біоколоїдної хімії імені Ф.Д. Овчаренка НАН України, пр-т Вернадського, 42,
03142, Київ, Україна, тел. (+38-044) 424-0378

Дата: 17.03. 2025