

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сарканича Петра Васильовича

"Універсальність складних систем: аналіз нулів статистичної суми і складні мережі",

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика

Актуальність теми дисертації

Характерною рисою багатьох сучасних досліджень у області теоретичної фізики є значний інтерес і увага до проблеми вивчення універсальної поведінки складних систем. До складних як правило відносять системи, що складаються з великої кількості елементів і демонструють колективну поведінку, самоорганізацію, яка не зводиться до простого накладання ефектів взаємодії різних елементів. Тобто мова йде про статистичні закономірності, в яких кількість переходить у якість. Традиційним апаратом для дослідження таких систем є методи статистичної фізики. З іншого боку, універсальність багатьох моделей, котрі досліджуються у рамках означеного підходу, дозволяє виходити за межі фізики і застосовувати відповідні моделі до явищ та процесів у політичній, соціальній, економічній і лінгвістичній сферах. Тому в даному випадку цілком припустимо говорити про міждисциплінарний характер таких досліджень.

В представленій роботі основна увага приділяється дослідженню моделей складних систем, серед яких: модель Ізинга з дипольною взаємодією, модель Поттса з невидимими станами, спінові моделі на мережі, модель мережі зв'язків героїв билинних епосів (як приклад застосування фізичних методів до вирішення нефізичних задач). Ці моделі викликають не тільки теоретичний інтерес. Вони мають цілком конкретне практичне застосування. Тому немає сумнівів, що мова йде про цікаві і перспективні дослідження. Їх актуальність не підлягає сумніву. Додатковим підтвердженням актуальності теми дисертації є той факт, що вона виконувалась в Інституті фізики конденсованих систем НАН України та

Дослідницькому центрі рідинних і складних систем університету Ковентрі (Ковентрі, Велика Британія) в рамках тем: "Про розвиток теоретичних підходів опису флюїдів, ґраткових та складних систем поблизу точок фазового переходу" (2014-2017 рр., номер держреєстрації 0112U007763), "Нові концепції статистичного опису і їх застосування до теорії багаточастинкових систем" (2017-2019 рр., номер держреєстрації 0117U002093), "Методи і моделі статистичної фізики для опису виникнення структур та пояснення скейлінгу у складних системах" (2018-2019 рр., номер держреєстрації 0118U003012). Також робота отримала підтримку у рамках аспірантської програми "Doctoral College for the Statistical Physics of Complex Systems" (Ляйпціг-Лотаринґія-Львів-Ковентрі), та проектів співпраці FP7 EU IRSES 269139 "Dynamics and Cooperative Phenomena in Complex Physical and Biological Media", 295302 "Statistical Physics in Diverse Realizations", 612707 "Dynamics of and in Complex Systems", 612669 "Structure and Evolution of Complex Systems with Applications in Physics and Life Sciences".

Результати, отримані в дисертаційній роботі, є важливими для розуміння механізмів функціонування тонкоплівкових антиферромагнетиків, особливостей фазових переходів у деяких сполуках, принципів розв'язання задач соціофізики. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у рейтингових фахових журналах та пройшли апробацію на семінарах і міжнародних наукових конференціях.

Структура дисертації

Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел (208 найменувань, 19 сторінок), двох додатків. Робота містить 31 рисунок, її повний об'єм становить 146 сторінок.

У *вступі* обґрунтовується актуальності теми дослідження, сформульована мета та задачі дослідження, висвітлена наукова новизна та цінність отриманих результатів.

У *першому розділі* аналізуються результати найбільш актуальних досліджень, які мають безпосередній стосунок до дисертаційної роботи. Так,

наводиться коротка довідка щодо досліджень моделі Ізінга із дипольною взаємодією та моделі Поттса з невидимими станами. Описано метод аналізу нулів статистичної суми у комплексних площинах температури (нуллі Фішера) та магнітного поля (нуллі Лі-Янга). Також описано та проаналізовано підходи, котрі використовуються для дослідження складних мережевих систем.

У *другому розділі* розглядається двовимірна модель Ізінга з конкуруючими феромагнітною взаємодією найближчих сусідів і антиферомагнітною дипольною взаємодією. У цьому ж розділі розглянуто модель Поттса з невидимими станами.

У *третьому розділі* вивчається модель Поттса з невидимими станами на графах довільної топології (за наявності зовнішнього магнітного поля). При цьому для знаходження вільної енергії Ландау було застосовано наближення середнього поля. Крім іншого, розглядався випадок повного графу. Також серед задач, які розв'язуються у розділі, слід виділити модель Ізінга з невидимими станами на безмасштабній мережі.

У *четвертому розділі* апарат теорії складних мереж застосовано для аналізу соціальної мережі персонажів давньоруських билин. Кількісний аналіз виконувався для мережі соціальних зв'язків на основі билини київського циклу, котрі відповідають періоду розквіту Київської Русі.

Висновки містять перелік основних результатів роботи та короткий підсумок з власне висновками щодо проведеного дослідження.

Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність результатів та висновків роботи не викликає жодних сумнівів. Підставою для такого твердження є те, що в дисертації використані перевірені і добре апробовані методи теоретичного дослідження, і, зокрема, методи статистичної фізики. В роботі застосовувались моделі та теорії, які є цілком прийнятними та адекватними до мети і задач дослідження. Отримані результати узгоджуються з наявними експериментальними даними і даними числового моделювання. Також вони добре корелюють з результатами, отриманими іншими дослідниками.

Наукова новизна роботи

Наукова новизна роботи визначається тим, що у роботі на основі аналізу фазової діаграми двовимірної моделі Ізінга із дипольними взаємодіями показано неперервну залежність критичних показників від відношення констант взаємодії. Шляхом використання методу матриці переносу знайдено точний розв'язок моделі Поттса з набором видимих та невидимих станів на одновимірному ланцюжку. Отримано вираз для вільної енергії у моделі Поттса з невидимими станами на довільному графі. Також у роботі вперше застосовано методи аналізу складних мереж для дослідження соціальної мережі персонажів давньоруських билин.

Практична цінність дисертаційної роботи

Практична цінність роботи пов'язана з тим, що отримані в ній результати дозволяють краще зрозуміти специфіку механізмів, котрі реалізуються у моделі Ізінга із дипольною взаємодією. Це важливо, оскільки модель часто використовують для опису тонкоплівкових матеріалів, призначених для виготовлення засобів зберігання даних із великою густиною інформації.

Що стосується результатів, отриманих для моделі Поттса з невидимими станами на мережах, то вони важливі у контексті вирішення задач соціофізики. Приклади використання таких підходів є у дисертації.

Зауваження до роботи

Незважаючи на гарний загальний рівень роботи, до неї є деякі зауваження:

1. В дисертації розглядаються випадки, котрі в силу об'єктивних причин не завжди мають просту фізичну інтерпретацію - наприклад, модель Поттса з від'ємними прихованими станами. Для таких випадків можна було би спробувати запропонувати моделі з області соціофізики чи екофізики. Хоча у роботі і є згадки про таку перспективу, однак цьому питанню доцільно було би приділити більше уваги.

2. У третьому розділі, при визначенні граничних вимірностей моделі Поттса з невидимими станами на графі, показано, що у певному діапазоні залежність

різниці критичних розмірів від кількості видимих станів є лінійною. Все ж таки, доцільно було би не обмежуватись лише констатацією цього факту, а провести хоча би невелике додаткове дослідження з приводу того, наскільки дана залежність є універсальною.

3. Результати, отримані у четвертому розділі щодо соціальної мережі персонажів билин є цікавими та ґрунтовними. В процесі аналізу цієї мережі відбувається порівняння із реальними соціальними мережами. Мова йде про соціальні спільноти з різними політичними і економічними устроями, розділені великим проміжком часу. В цьому контексті цікаво було би отримати відповідь на запитання про те, чи змінились (і якщо так, то наскільки) характеристики мережі зв'язків у сучасному світі у порівнянні з досліджуваною історичною добою. Однак враховуючи складність такої задачі, дане зауваження скоріше є рекомендацією для подальших досліджень.

Слід відмітити, що наведені вище зауваження жодним чином не впливають на загальну оцінку роботи і не принижують її високого фахового рівня, а також практичного та наукового значення.

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота виконана на якісному рівні і є завершеною науковою працею. Вона містить нові і цікаві результати, котрі мають не тільки теоретичне, алей й цілком практичне значення. Автореферат дисертаційної роботи містить всі її основні положення. Дисертаційна робота і її автореферат оформлені відповідно до вимог, які висуваються до дисертаційного дослідження. Результати дисертації опубліковані у фахових журналах й апробовані на семінарах та конференціях. Враховуючи все вищезазначене, вважаю, що дисертаційна робота "Універсальність складних систем: аналіз нулів статистичної суми і складні мережі" відповідає всім нормативним вимогам пунктів 9, 11-13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою КМУ №567 від 24.07.13 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.05.15, №1159 від 30.12.15 та №567 від 27.07.2016),

а її автор, Сарканич Петро Васильович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри теоретичної фізики
фізичного факультету Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

O. Vas

О.М. Васильєв



[Handwritten signature]