

Відгук офіційного опонента

на дисертаційну роботу Тимчишина Віталія Богдановича
«Статистичний опис систем з кулонівським типом взаємодії»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

З часу появи теорії Дебая-Гюккеля для розчинів електролітів системи з кулонівською взаємодією ось уже майже сто років залишаються ареною активних теоретичних досліджень. Актуальність цих досліджень на даному етапі обумовлена як появою нових фізичних об'єктів з кулонівською взаємодією таких як заповнена плазма, різноманітні колоїдні системи, електрони на поверхні рідкого гелію тощо та виявленням в кулонівських системах нових унікальних особливостей пов'язаних з самозбіркою в асоційовані мезоскопічні структури такі як пилові кристали в заповненій плазмі, виникнення вігнеровського кристалу в системі електронів на поверхні рідкого гелію, фазові переходи між різними типами кристалічних структур і т.п., а також специфічними особливостями теоретичного опису обумовленими далекосяжним характером кулонівської взаємодії. У зв'язку з цим дисертаційна робота В.Б. Тимчишина безперечно є актуальною. В роботі розроблена загальна схема статистичного опису систем з кулонівською взаємодією, розрахунок вільної енергії та її мінімізація з метою знаходження самозбірки можливих типів самоасоційованих структур. Розроблена методика використана для аналізу кристалізації електронів на поверхні рідкого гелію та аналізу типу пилових кристалів, що виникають в заповненій плазмі. За допомогою апарату стохастичних диференціальних рівнянь аналізується також динамічна поведінка кулонівських систем.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури. Відмітимо, що на відміну від деяких інших дисертацій в цій дисертації оглядовий розділ відсутній. Тому всі чотири розділи є фактично оригінальними. Огляди в роботі подаються по мірі викладу матеріалу.

Перший розділ має загальнометодологічний характер. В ньому подано загальний формалізм розрахунку вільної енергії систем взаємодіючих частинок, що базується на перетворенні Хаббарда-Стратоновича. Також тут розвивається підхід для наближеного обчислення потенціальної енергії системи за умови, що всі частинки впорядковані у ґратку Браве. Продемонстрований метод дозволяє мінімізувати потенціальну енергію ґратки, уникаючи розбіжностей в процесі обчислень.

У другому розділі дисертації досліджується система електронів на поверхні рідкого гелію, використовуючи загальний формалізм першого розділу. Завдяки міжчастинковому потенціалу враховано цілий ряд ефектів: кулонівську взаємодію, поляризацію середовища та

капілярну взаємодію внаслідок деформації поверхні гелію електронами. Автор отримав вираз для відстані локалізації електрона на поверхні гелію, що залежить від температури, та визначає умови, необхідні для формування вігнерівського кристалу в середовищі. Застосований метод не є специфічним для дослідженої системи та може бути узагальнений для фермі-систем з більшою кількістю розмірностей і навіть для систем з бозе-частинками. Проте, в останньому випадку, внаслідок використаних наближень не будуть враховані ефекти пов'язані з бозе-конденсацією.

У третьому розділі дисертації піддається аналізу ще одна система з кулонівським типом взаємодії, а саме порошинки у запиленій плазмі. Завдяки підходу, розвиненому у першому розділі, та чисельним методам мінімізації вільної енергії знайдено тип ґратки, що її мали б утворювати порошинки у плазмовому середовищі. У цьому розділі детально обговорюються проблеми чисельної мінімізації вільної енергії. Наприклад, обґрунтовується використання певних обмежень на координати трансляційних векторів ґратки Браве, щоб уникнути втрати точності розрахунків через неоднозначність такого представлення решітки. Проведено чисельні дослідження показують, що умові мінімуму потенціальної енергії відповідає гексагональна щільна упаковка, що підтверджується як результатами комп'ютерного моделювання так і реальними експериментами.

На кінець, останній, **четвертий розділ** дисертації присвячений обрахунку та аналізу функції розподілу ймовірності для швидкості броунівської частинки в нерівноважній плазмі з урахуванням стохастичного характеру стоків іонів та електронів на частинку. Тут демонструється, що врахування флуктуацій потоку електронів та іонів, які поглинаються пилинкою, може приводити до значного зростання її кінетичної енергії. Варто відзначити, що аномально висока кінетична енергія порошинок у плазмі насправді спостерігається експериментально. Також у розділі обговорюється можливість існування гістерезису розподілу швидкостей частинок у досліджуваній системі.

Найбільш вагомими науковими результатами, які одержані В.Б. Тимчишиним у його дисертаційній роботі, на мою думку, є такі:

1. розроблено метод порівняння вільної енергії ґраток Браве, утворених частинками, що взаємодіють з потенціалом кулонівського типу;
2. отримано вираз для температуро-залежної відстані локалізації для електронів на поверхні рідкого гелію, що може бути перевірено експериментально;
3. чисельною мінімізацією вільної енергії отримано параметри ґратки, що повинна спостерігатися у пиловому кристалі (результат узгоджується з відомими експериментальними даними);

4. знайдено функцію розподілу ймовірності для швидкості броунівської частинки в нерівноважній плазмі з урахуванням флуктуацій стоку електронів та іонів. Запропоновано пояснення аномально високої кінетичної енергії порошинок у плазмі.

Даючи в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід, однак, зробити деякі критичні зауваження:

1. Вважаю, що корисно би було порівняти результати застосування для обчислення статистичної суми підходу Хаббарда-Стратоновича з результатами інших польових підходів таких як, наприклад, метод колективних змінних. Тим більше, що в методі колективних змінних польові змінні мають досить чіткий фізичний зміст, оскільки вони пов'язані з флуктуаціями числа частинок. Тоді як польові змінні в методі Хаббарда-Стратоновича такого чіткого фізичного змісту не мають.
2. На жаль, в роботі недостатньо уваги приділено аналізу наближень, які робляться при розрахунках. Не завжди ці наближення чітко сформульовані.
3. В англійській літературі розрізняють два терміни – self-organization і self-assembling. На жаль, в україномовній літературі ці поняття часто поєднують. Не позбавлена цього недоліку і дана дисертація. Перший з цих термінів скоріше пов'язаний з нерівноважними процесами і відповідає українському терміну «самоорганізація». Тоді як другий термін пов'язаний із спонтанним виникненням рівноважних структур і відносно нього усталеного україномовного терміну, на мою думку, не вироблено. Я в своїх попередніх роботах вживав термін – «самоорганізація». Словник О. Кочерги і Є. Мейнаровича пропонує термін «самозбірка». Напевно цей термін більше підходить.
4. Робота недостатньо вичитана. Враження від дисертації понижують наявні описки. Для прикладу на сторінці 39 замість «решітка» написано «решітки», на стор. 51 замість «основною метою» має бути «основна мета», на стор. 79 замість «скінчення величина» має бути «скінчена величина» і т.п.

Проте, наведені зауваження не носять принципового характеру і не ставлять під сумнів основні положення, висновки та наукову новизну дисертаційної роботи. Дисертаційна робота присвячена актуальній та важливій науковій проблемі, містить ряд висновків, які можуть бути безпосередньо перевірені дослідним шляхом та пропонує пояснення деяким вже отриманим експериментальним даним. Результати дисертаційної роботи доповідалися на конференціях та семінарах, за матеріалами дисертації у міжнародних фахових виданнях було опубліковано 5 робіт, які повністю відображають зміст дисертації. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації та вірно відображає її основні положення.

Дисертаційна робота Тимчишина В.Б. “Статистичний опис систем з кулонівським типом взаємодії” є завершеною науковою працею з актуальної теми, містить наукову новизну, має практичну цінність і відповідає усім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій. Автореферат повністю відображає зміст дисертації. Дисертація відповідає спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика, а сам автор Тимчишин Віталій Богданович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент

доктор фіз.-мат. наук, член-кор. НАН України, професор
головний науковий співробітник відділу теорії м'якої речовини
Інституту фізики конденсованих систем НАН України

М.Ф. Головко

Підпис доктора фізико-математичних наук

Мирослава Федоровича Головка засвідчую

Вчений секретар

Інституту фізики конденсованих систем

кандидат фіз.-мат. наук



Р.С. Мельник