

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію **Тимчишина Віталія Богдановича**

“Статистичний опис систем з кулонівським типом взаємодії”,

яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

**Актуальність теми.** Дослідження процесів структуроутворень у статистичних системах належить до актуальних та таких що активно вивчаються задач як теоретичної так і експериментальної фізики. Важливість та послідовну систематизацію питань самоорганізації у вигляді структуроутворень в багаточастинкових системах можна проілюструвати наприклад тим, що у фізиці сформувався навіть самостійний напрям пов'язаний з їх вивченням — синергетика. Незважаючи на те, що взаємодія проміж структурними елементами у таких системах реалізується за допомогою досить нескладної форми міжчастинкового потенціалу, вона може приводити до комплексних явищ, таких, наприклад, як: кластеризація, впорядкування у вигляді кристалізації (та плавлення), переходи між різними за симетрією (впорядкованими фазами) і т.п.

Серед статистичних систем, що показують вищеописану складну поведінку є й такі, де частинки володіють окрім кінематичних і такими ступенями свободи, як, наприклад, електричний заряд: запорошена плазма, колоїди, розчини поверхнево-активних речовин. Їх особливість полягає в наявності у міжчастинковому потенціалі далекодіючої, наприклад, кулонівської складової. Остання обставина ускладнює застосування традиційних методів статистичної механіки (зокрема, розрахунків статистичної суми) до вивчення структури та фізичних властивостей багаточастинкових конгломерацій. Так, наприклад, у випадку неоднорідних систем з кулонівським типом взаємодії, обчислення потенціальної енергії нескінченної системи може приводити до розбіжностей.

Зважаючи на вищенаведене, представлена дисертація в якій основну увагу приділено дослідженню вільної енергії в системах з кулонівським типом взаємодії та, зокрема, проблемам розбіжності при обчисленні потенціальної енергії частинок та впливу флуктуацій на їх кінетичну енергію є корисним помітним кроком на шляху розв'язання вказаних проблем.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаної літератури.

У першому розділі дисертації виводиться загальний опис статистичної системи з кулонівським типом взаємодії. За допомогою формального методу (перетворення)



Хаббарда-Стратоновича (застосування якого, як відомо, у випадку багаточастинкових систем із далекодіючою взаємодією робить точним наближення середнього поля) отримано загальне рівняння для вільної енергії, а також розвивається підхід до обчислення потенціальної енергії в системі з урахуванням особливостей потенціалів кулонівського типу. Представлений у дисертації підхід застосовний до статичних систем частинок, що впорядковані у ґратку Браве. Потенціальна енергія записується у вигляді нескінченної суми, при цьому вдається виділити певний, спільний для всіх типів ґраток з однаковою густиною частинок, доданок, що відповідальний за розбіжність пов'язану з кулонівським типом потенціалу. Такий підхід дозволив порівнювати вільні енергії, розраховані для різних ґраток Браве, не зважаючи на тип потенціалу.

У другому розділі дисертації об'єктом дослідження вибрана система електронів на поверхні рідкого гелію. Для її дослідження застосовуються методи, що були наведені у першому розділі. При цьому використовується міжчастинковий потенціал, який враховує цілий ряд ефектів, що впливають на електрон-електронну взаємодію на поверхні рідкого гелію: пряму кулонівську взаємодію, поляризацію середовища та капілярну взаємодію внаслідок деформації поверхні гелію електронами. Остання виникає, як відгук на дію зовнішнього електричного поля, що притискає електрони до поверхні гелію, та квантових ефектів, які перешкоджають їм проникнути крізь цю поверхню. Проведений аналіз дозволив встановити температурну залежність масштабу локалізації електрона на поверхні гелію та умови формування вігнерівського кристалу.

У третьому розділі дисертації розглядається система порошинок у запиленій плазмі. До неї також застосовуються методи розвинені у першому розділі, а потім чисельною мінімізацією знаходиться тип ґратки, яку можуть утворювати порошинки у плазмовому середовищі. Обговорюються проблеми, що супроводжують чисельну мінімізацію вільної енергії, а також способи їх подолання. Запропоновано використовувати модельні обмеження на координати трансляційних векторів ґратки Браве, що дозволяє досягти відповідності між типом ґратки та цими векторами. Такий підхід обмежує довжини векторів трансляції та дозволяє уникнути втрати точності, яка у протилежному випадку саме і призвела б до появи розбіжності при мінімізації вільної енергії.

У четвертому розділі дисертації аналізується вплив флуктуацій потоку зарядів, що поглинаються порошиною, на її поведінку у плазмовому середовищі. Знаходяться функції розподілу ймовірності для швидкості частинки з урахуванням поляризації середовища. У цьому розділі демонструється, що врахування флуктуацій потоку зарядів, які поглинаються



пилінкою, може приводити до значного зростання її кінетичної енергії. Даний ефект може відігравати роль у поясненні аномально високої кінетичної енергії порошинок у плазмі.

Підсумовуючи зауважу, що незважаючи на те, що обрані системи суттєво відрізняються одна від одної за фізичною побудовою, всі вони містять далекодіючі внески до міжчастинкової взаємодії, є конгломератами великої кількості частинок та необмеженими. Тому до їх розгляду застосовуються різні підходи та методи аналізу, але на виході кожного разу маємо структуроутворення в якості сценарію самоорганізації шляхом впорядкування через структуроутворення із різними типами симетрії.

Серед найбільш інтересних результатів, які були одержані Тимчишиним В.Б. у його дисертаційній роботі можна вказати на:

1. розвинутий підхід до порівняння вільної енергії ґраток Брауе утворених частинками, що взаємодіють з потенціалом кулонівського типу;
2. знайдену температурну залежність масштабу локалізації електрона на поверхні рідкого гелію;
3. знайдено тип ґратки, що може утворюватися порошинками у модельному плазмовому середовищі;
4. встановлене зростання кінетичної енергії порошинок у плазмі внаслідок флуктуації стоку зарядів, що може бути аргументом у поясненні існуючих експериментальних даних про їх аномально високу кінетичну енергію.

Всі основні результати дисертаційної роботи є новими. Висновки, наведені у дисертації, є достатньо обґрунтованими та достовірними. Отримані у дисертаційній роботі результати мають практичну цінність для параметризації процесів структуроутворень в системах з кулонівським типом взаємодії. 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.

Однак, аналіз дисертаційної роботи Тимчишина В.Б. також показав необхідність зробити кілька зауважень:

1. У розділі 3.2.1 нечітко прописані умови вибору функціоналу для мінімізації енергії. Зокрема незрозуміло, які фізичні обмеження викликають зроблені формальні припущення щодо визначення параметрів вибраної моделі.

2. З урахуванням модельного характеру розглянутих задач (зокрема їхньої необмеженості) слід було б чіткіше вказувати умови, за яких прогнозується можливість їхньої експериментальної перевірки.



3. Текст дисертації, нажаль, не є вільним від використання сленгових термінів (катастрофічний потенціал та ін.), та помітної кількості орфографічних помилок.

Проте, наведені зауваження не ставлять під сумнів основні положення, висновки та наукову новизну дисертаційної роботи. У дисертаційній роботі розв'язана коректно сформульована актуальна задача — проаналізувати вільну енергію необмеженої конгломерації великої кількості частинок з кулонівським типом взаємодії.

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 заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор  
завідувач кафедри загальної та теоретичної фізики  
Одеського державного екологічного університету

О.І. Герасимов



Підпис доктора фізико-математичних наук  
Герасимова Олега Івановича засвідчую:  
кандидат економічних наук, доцент кафедри  
менеджменту природоохоронної діяльності,  
Вісний секретар Вченої ради Одеського державного  
екологічного університету

О.П. Павленко