

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Карпенка Владислава Олександровича  
“Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок”  
представлену до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 01.04.02 – Теоретична фізика, 10 --Природничі науки  
(104 – Фізика та астрономія)

В дисертаційній роботі Карпенка Владислава Олександровича досліджується низка актуальних задач для систем бозонів з нульовим спіном і сильною взаємодією при скінченних температурах та густинах ізоспіну. Детально розглядається термодинаміка двокомпонентних систем, що складається з частинок і античастинок, фазові переходи у взаємодіючих релятивістських бозонних системах з урахуванням можливості Бозе-Айнштайнівської конденсації. Такі системи (з піонів, каонів, та інш.) викликають значний інтерес у зв'язку з експериментами зі зіткненням важких іонів.

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури. Повний обсяг роботи складає 143 сторінки. Кожен розділ дисертації відповідає окремому етапу досліджень.

У *вступі* подається загальна характеристика дисертації та обґрунтовується актуальність теми, а також робиться короткий огляд літератури з досліджуваних питань та формулюються цілі дослідження.

У *першому розділі* вивчається мультикомпонентна система взаємодійних бозонів. А саме, представлено термодинамічно узгоджений метод для опису щільної бозонної речовини, яка складається з взаємодіючих частинок та античастинок при скінченних температурах з фіксованою ізоспінною густиною. Розглянуто систему мезонних частинок з масою пі-мезона і нульовим спіном. В потенціалі взаємодії між піонами враховується як притягання, так і відштовхування, причому коефіцієнт відштовхування береться фіксованим, отриманим в літературі з оцінки на основі віріального розкладу, а сила притягання варіюється. Показано, що в двокомпонентній системі, яка складається з частинок і античастинок, де загальний заряд системи зберігається, існує Бозе-Айнштайнівський конденсат в температурному інтервалі  $0 \leq T \leq T_c$ , і для критичної температури  $T_c$  одержано аналітичний вираз.

У *другому розділі* розглядаються фазові переходи у взаємодіючих релятивістських бозонних системах з “сильним” притяганням між

частинками. В цьому розділі показано, що при надкритичній величині притягання у фазу конденсату можуть переходити обидві компоненти системи.

У *третьому розділі* обраховано фазові діаграми за різних значень притягання. Показано, що при наявності притягання в системі відбувається фазовий перехід типу рідина-газ. На наведених діаграмах представлено результати розрахунку розподілу фаз газу, рідини та змішаної фази, та як цей розподіл накладається на фазу конденсату Бозе-Айнштейна.

У *четвертому розділі* наведено розширення моделі дослідженої у перших трьох розділах. Пропонується внесення залежності середнього поля також і від електричної взаємодії. Описано можливий вплив на термодинамічні властивості системи від такої зміни моделі.

До роботи можна висловити кілька зауважень.

1. В роботі досліджується Бозе-Айнштейнівська конденсація двокомпонентних систем, що складаються з частинок і античастинок. Автор пов'язує ці системи з такими, що описують заряджені  $\pi^+$  і  $\pi^-$  мезони. Але фізично ми маємо ізотопічний триплет піонів серед яких є нейтральний піон. Можна очікувати, що конденсація  $\pi^0$  мезонів буде енергетично вигіднішою. Чому  $\pi^0$  мезони не враховані в дослідженні?
2. До недоліків можна віднести також замалий обсяг інформації про інші методи досліджень в описаній галузі, їх роль та взаємозв'язки, що заважає оцінити місце отриманих результатів серед інших.

Ці зауваження не впливають на отримані результати роботи та на загальне позитивне враження про дисертацію.

Вважаю, що робота Карпенка В.О. виконана на досить високому теоретичному рівні і являє собою завершену наукову працю, в якій отримано низку нових важливих результатів, що стосуються фазових переходів в щільних системах сильновзаємодіючих бозе-частинок з урахуванням Бозе-Айнштейнівської конденсації піонів. Основні результати дисертації можуть бути застосованими для пояснення еволюції адронної матерії, що виникає при зіткненні важких іонів.

Достовірність та обґрунтованість результатів засвідчується вибором відповідних сучасних методів, як аналітичних, так і комп'ютерних розрахунків. Результати представлено в п'яти публікаціях, три з яких - в провідних вітчизняних виданнях, та дві в міжнародних наукових виданнях.

Обсяг проведених досліджень та особистий внесок автора не викликають сумніву.

У роботі та наукових публікаціях пошукача порушень академічної доброчесності немає. Вважаю, що за актуальністю, практичним значенням, обсягом досліджень та новизною результатів дисертаційна робота відповідає всім вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Карпенко Владислав Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 01.04.02 – Теоретична фізика, 10 --Природничі науки (104 – Фізика та астрономія)

Доктор фіз.-мат. наук,  
професор, академік НАН України

Валерій ГУСИНІН

Підпис В.П.. Гусиніна засвідчую  
Вчений секретар  
Інституту теоретичної фізики  
ім. М.М. Боголюбова НАН України

Іван СТАРОДУБ