

## Рецензія

на дисертаційну роботу  
Карпенка Владислава Олександровича  
“Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок”  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 10 Природничі науки  
за спеціальністю 104 Фізика і астрономія

Представлена дисертаційна робота присвячена дослідженню систем із сильною ядерною взаємодією в рамках термодинамічно узгодженої моделі середнього поля. Досліджувались умови виникнення бозе-конденсату в системі піонів та антипіонів за високих температур та заданих густиних ізоспіну. Було досліджено умови виникнення бозе-конденсату в системі піонних частинок та античастинок залежно від співвідношення між притягальною та виштовхувальною складовими взаємодії середнього поля. Дослідження систем із сильними взаємодіями викликають значний інтерес, що обумовлено сучасними теоретичними та експериментальними досягненнями у галузі фізики високих енергій і космології.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох основних розділів, списку використаних джерел, що містить п'ятдесят найменувань, і додатку, що включає список публікацій автора за темою дисертації та відомості про конференції на яких доповідалися матеріали, що увійшли до тексту роботи. Загальний обсяг рукопису складає 143 сторінки.

У вступі сформульована мета досліджень, обґрунтована актуальність досліджень, сформульована мета та вказані використані методи.

Перший розділ присвячено опису бозонної системи, яка складається з взаємодіючих частинок та античастинок та представлено термодинамічно узгоджений метод в рамках підходу середнього поля, який став основним інструментом досліджень. Прямі розрахунки продемонстрували можливість

існування конденсату Бозе-Айнштайна та відповідного фазового переходу. Одним з найважливіших проміжних результатів, наведених у першому розділі є те, що для частинок компоненти високої густини система утворює конденсат незалежно від параметрів середнього поля.

Другий розділ присвячено повторюваним фазовим переходам, які можуть виникати за наявності достатньо сильної компоненти притягання в Скірмівській параметризації середнього поля. Окремо можна відмітити твердження про непридатність великого канонічного ансамблю для опису системи в інтервалах де присутня конденсація, яке явно впливає з отриманих в розділі співвідношень. Доведено, що лише канонічний ансамбль здатен коректно описати ці стани, оскільки великий канонічний ансамбль призводить до термодинамічної невизначеності.

Третій розділ присвячено аналізу системи відносно її природної змінної – густини заряду, зокрема побудовані фазові діаграми відносно різної його величини за різного притягання між частинками. Показано, що притягання між частинками може виступати в ролі масштабного параметру моделі і суттєво впливати на вид фазових діаграм. Показано існування декількох одночасних треків, що накладаються, один – по переходу між тепловими частинками і бозе-конденсованими, інший – між рідинно-газовими фазами. Важливим результатом цього розділу є спільний опис бозе-конденсації та переходів “рідина-газ” у єдиній моделі середнього поля.

Четвертий розділ присвячено електричній взаємодії, що також безумовно присутня в подібного роду системах. Показано як зміняться основні рівняння моделі, наведено міркування щодо величини самої взаємодії та її впливу на основні термодинамічні властивості досліджуваної системи.

В дисертації розв’язуються сучасні актуальні задачі. У представлених результатах наведено систематичний аналіз у межах використаної моделі середнього поля, проводяться аналітичні обчислення та числові розрахунки.

Розділи дисертації є взаємопов'язаними, вона є завершеним, самостійним дослідженням. Крім останнього розділу робота побудована на матеріалах, які за час підготовки дисертації були опубліковані в провідних українських журналах і в міжнародних виданнях. Матеріалами доповідались як в інституті, так і на конференціях за кордоном.

Найвагомішим зауваженням можна вважати те, що досліджувані системи апріорі є нерівноважними, хоча як стверджують експериментатори, а теоретики це підхоплюють, локально рівновага настає дуже швидко. То виникає питання чому не можна використати підхід локально рівноважного ансамблю для описання відповідних явищ.

З недоліків можна відмітити той факт, що електричній взаємодії в системі електрично заряджених частинок присвячений всього один і то найменший розділ. Але, з іншого боку, на таких масштабах сильна ядерна взаємодія є безумовно домінуючою і виглядає так, що електромагнітні ефекти не мусять вносити радикальні зміни в решту отриманих результатів. Крім того, не розкритим є питання безпосереднього порівняння отриманих результатів з результатами експериментальними.

Для того щоб стверджувати, що отримані результати можуть бути застосовані для: моделювання гарячої та густої адронної матерії у зіткненнях важких іонів (LHC, RHIC); аналізу станів речовини в нейтронних зорях; побудови космологічних моделей раннього Всесвіту; подальшого розвитку ефективних теорій сильної взаємодії (QCD) на низьких енергіях, потрібна ще робота невизначеної кількості науковців.

У роботі та наукових публікаціях здобувача відсутні порушення академічної доброчесності. 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 у галузі знань 10 “Природничі науки” за спеціальністю 104 “Фізика та астрономія”.

Доктор фізико-математичних наук,  
професор, академік НАН України

Богдан ЛЕВ