



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту теоретичної фізики

ім. М. М. Боголюбова НАН України

доктор фізико-математичних наук

Сергій ПЕРЕПЕЛИЦЯ

“25” вересня 2025 р.

ВИСНОВОК

**відділу теорії ядра і квантової теорії поля
Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації Карпенка Владислава Олександровича на тему:
“Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок”,
поданої на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 10 - Природничі науки
за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія**

ВИТЯГ

з протоколу № 3 від 11 вересня 2025 р.
засідання відділу теорії ядра і квантової теорії поля
Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України

СЛУХАЛИ: провідного інженера відділу теорії ядра і квантової теорії поля
Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України КАРПЕНКА
Владислава Олександровича за матеріалами дисертаційної роботи “Фазові
переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок”, що висувається
на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань
10 - Природничі науки за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія

ПРИСУТНІ:

керівник семінару – кандидат фіз.-мат. наук Борис ГРИНЮК
доктор фіз.-мат. наук, академік НАН України Валерій ГУСИНІН
доктор фіз.-мат. наук, академік НАН України Богдан ЛЕВ
доктор фіз.-мат. наук Дмитро АНЧИШКІН
доктор фіз.-мат. наук Віктор ВАСИЛЕВСЬКИЙ
доктор фіз.-мат. наук Валентин КУЗЬМИЧОВ
доктор фіз.-мат. наук Юлія ЛАШКО
доктор фіз.-мат. наук Олександр НЕСТЕРОВ

доктор фіз.-мат. наук Микола ІОРГОВ
доктор фіз.-мат. наук Юрій ШТАНОВ
доктор фіз.-мат. наук, професор Марк ГОРЕНШТЕЙН
кандидат фіз.-мат. наук Володимир БАБЕНКО
кандидат фіз.-мат. наук Володимир ГНАТОВСЬКИЙ
кандидат фіз. мат. наук Віктор ЖАБА
доктор філософії Денис ЖУРАВЕЛЬ
доктор філософії Мусфер АДЖИММБЕТОВ
доктор філософії Мар'яна СОЛОХА-КЛИМЧАК
доктор філософії Юрій ЖУРАВЛЬОВ

УХВАЛИЛИ: вважати дисертаційну роботу Карпенка Владислава Олександровича “Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок” завершеним науковим дослідженням і затвердити такий висновок.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Карпенка Владислава Олександровича “Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок” написана за матеріалами п'ятьох робіт, що виконані ним під час навчання в аспірантурі в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на кафедрі теоретичної фізики фізичного факультету (2020-2024 рр.) та роботи на посаді провідного інженера відділу теорії ядра і квантової теорії поля в Інституті теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України (2025 р.). Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України (*протокол №5 від 19 травня 2025 р.*), керівником призначено доктора фіз.-мат. наук, старшого наукового співробітника Дмитра АНЧИШКІНА.

Актуальність роботи

При релятивістських ядро-ядерних зіткненнях утворюється гаряча щільна адронна речовина. Ефективні моделі, мотивовані квантовою хромодинамікою та моделюванням на ґратці свідчать про те, що відновлення хіральної симетрії та перехід до фази деконфайнменту в таких багатоадронних системах повинні відбуватись при високій температурі та густині частинок.

Робота полягає у вивченні властивостей взаємодіючих мезонних (бозонних) систем при високих температурах та щільностях. У рамках моделі середнього поля досліджено термодинамічні властивості систем бозонних частинок (пі-мезони). Це дослідження стосується, у першу чергу, фазових переходів

рідина-газ та фазового переходу з утворенням бозе-конденсату у щільних системах релятивістських взаємодіючих бозонів (мезонів) та вивченні критичної поведінки таких систем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Виконання дисертаційної роботи пов'язане з темою наукових досліджень фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка 19БФ051-01 *“Моделювання нерівноважних станів і взаємодії підсистем конденсованих середовищ, зумовлених зовнішніми впливами”* (№ 0119U100183).

Метою досліджень, наведених у дисертації, є аналіз релятивістської системи бозе-частинок, яка складається з мезонів що взаємодіють. А саме, встановлення фізичних закономірностей, характеристик та термодинамічних властивостей такої системи в залежності від співвідношення між взаємодіями притягання та відштовхування між частинками у різних діапазонах температур та щільностей системи. У відповідності до мети роботи слід виділити такі окремі завдання дослідження:

- знаходження залежності густини кількості частинок, хімічного потенціалу, енергії та теплоємності від температури в системі за умови збереження ізотопічного (електричного) заряду при варіації співвідношення між коефіцієнтами притягання та відштовхування між частинками;
- дослідження умови виникнення бозе-конденсату в системі взаємодіючих частинок та античастинок в залежності від величини ізотопічного (електричного) заряду та співвідношення між коефіцієнтами притягання та відштовхування між частинками;
- класифікація фазових переходів, які відбуваються в системі взаємодіючих бозе-частинок та античастинок;
- дослідження переходів типу рідина-газ в подібних системах в залежності від величини ізотопічного (електричного) заряду та варіації сили притягання між частинками, побудова фазових діаграм для таких переходів.

Серед найбільш важливих наукових результатів, отриманих у роботі, семінар відзначає такі:

- показано, що в релятивістській системі взаємодіючих бозе-частинок та античастинок, в якій ізоспінова (зарядова) густина не дорівнює нулю, за умови “слабкого” притягання, завжди існує бозе-ейнштейнівський конденсат в температурному інтервалі, який є результатом фазового переходу другого роду, що відбувається при критичній температурі, а густина конденсату є параметром порядку. Вперше обґрунтовано, що конденсат утворюється тільки однією компонентою системи, яка має більшу густину (частинки). При цьому термодинамічний стан підсистеми, утвореної античастинками, належить тільки до теплової фази.
- Показано, що при достатньо сильному притяганні між частинками у взаємодіючій бозе-системі може виникнути фазовий перехід першого роду, при цьому утворюється бозе-конденсат, до складу якого входять як частинки, так і античастинки.
- Обґрунтовано, що за наявності конденсату великий канонічний ансамбль не описує системи бозе-частинок і античастинок адекватно. Коректний опис таких систем можна провести в рамках канонічного ансамблю, в якому хімічний потенціал є термодинамічною величиною, що залежить від відповідних канонічних змінних.

Практичне значення одержаних результатів

Робота має теоретичний характер. Отримані результати можуть бути використані для дослідження властивостей сильновзаємодіючої матерії, що народжується у ядро-ядерних та протон-протонних зіткненнях та для пояснення існуючих ефектів, пов'язаних з явищем Бозе-конденсації. Запропонована в дисертаційній роботі модель претендує на можливість прогнозувати результати експериментальних досліджень у фізиці високих енергій і при дослідженні окремих гіпотетичних космологічних об'єктів, таких як нейтронні та піонні зірки.

Особистий внесок здобувача

В рамках моделі середнього поля розраховано термодинамічні величини системи взаємодіючих бозе-частинок та античастинок, такі як хімічний потенціал, енергія та теплоємність, досліджено властивості фазових переходів в таких системах. Побудовано фазові діаграми для бозе-систем без взаємодії та із взаємодією. Показано, що великий канонічний ансамбль не дає

адекватного опису систем бозе-частинок за наявності конденсату. Здобувач самостійно виконував значну частину необхідних числових розрахунків, приймав активну участь в обговореннях та дискусіях стосовно виконаної групою співавторів роботи, приймав участь у технічній підготовці матеріалів досліджень до публікації. Здобувачем особисто створювались повністю незалежні версії обчислювальних програм, що використовувались для перехресної перевірки результатів отриманих окремими членами дослідницької групи.

Основні результати дисертації викладені у 5 роботах, опублікованих у наукових журналах:

1. “*Relativistic Selfinteracting Particle-Antiparticle System of Bosons*” D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko J. of Phys. and Electr. 28, No. 2, p.3-18 (2020)[DOI: <https://doi.org/10.15421/332016>] (Б)
2. “*Phase Diagram of the Selfinteracting Particle-Antiparticle Boson System*” D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko J. of Phys. And Electr., 29, No. 1, p.5-14 (2021) [DOI: <https://doi.org/10.15421/332101>] (Б)
3. “*Canonical Ensemble vs. Grand Canonical Ensemble in the Description of Multicomponent Bosonic Systems*” D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko, I. Mishustin and H. Stoecker Ukr. J. Phys 69, No. 1 (2024) [DOI: <https://doi.org/10.15407/ujpe69.1.3>] (Q4)
4. “*Self-interacting particle-antiparticle system of bosons*” D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko Phys. Rev. C 105, 045205 (2022) [DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.105.045205>]. (Q1)
5. “*Phase Transitions in the Interacting Relativistic Boson Systems*” D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko, I. Mishustin and H. Stoecker Universe 9, 411 (2023) [DOI: <https://doi.org/10.3390/universe9090411>]. (Q1)

Апробація результатів дисертації

Результати дисертаційної роботи доповідались на наступних семінарах та конференціях:

1. D. Zhuravel, D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, V. Karpenko, *Selfinteracting Particle-Antiparticle System of Bosons: the Bose-Einstein Condensation as a Second-Order Phase Transition*, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, February 16, 2021.
2. D. Zhuravel, D. Anchishkin, V. Gnatovskyy, V. Karpenko,

“Self-interacting relativistic system of bosonic particles and antiparticles”, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, October 17, 2022.

3. D. Anchyskin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko, *Phase transitions in relativistic meson systems*, 22nd Zimanyi School - Winter Workshop on Heavy Ion Physics, Budapest, Hungary, December 5-9, 2022.

4. D. Anchyskin, V. Gnatovskyy, D. Zhuravel, V. Karpenko, *“Phase transitions in a system of self-interacting particle-antiparticle”*, XIII Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, Ukraine, December 21, 2022.

5. D. Anchyskin, I. Mishustin, H. Stöcker, L. Satarov, V. Gnatovskii, D. Zhuravel, V. Karpenko, *“A scalar model of an interacting boson system at high temperatures”*, Conference in memory of Petro Fomin, Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, July 4, 2023.

6. V. Karpenko, D. Anchyskin, D. Zhuravel, V. Gnatovskyy, *“A question concerning phase transitions in a pion system of particles and antiparticles”*, XV Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kyiv, Ukraine, June 10, 2025.

Характеристика особистості здобувача

Карпенко Владислав Олександрович у 2020 р. закінчив кафедру теоретичної фізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка та отримав ступінь магістра за спеціальністю “Фізика та астрономія” за спеціалізацією “Теоретична фізика”. З 2020 по 2024 рік – навчався в аспірантурі Київського національного університету імені Тараса Шевченка на кафедрі теоретичної фізики фізичного факультету. Після закінчення аспірантури Владислава КАРПЕНКА було зараховано на посаду провідного інженера відділу теорії ядра і квантової теорії поля Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. З 2025 р. і по теперішній час Владислав КАРПЕНКО працює в Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. Основним науковим напрямком діяльності є дослідження квантових систем із сильною взаємодією з використанням теоретико-польових підходів та дослідження властивостей релятивістських бозонних систем при ненульових температурах.

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Карпенка Владислава Олександровича “Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок”.

2. Визнати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Владислава Карпенка відповідає спеціальності 104 - Фізика та астрономія та вимогам **Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 8 **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 від 12 січня 2022 р. № 44 та Постановою Кабінету Міністрів України « Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань підготовки та атестації здобувачів наукових ступенів від 19 травня 2023 року № 502.

3. Рекомендувати дисертацію Владислава Карпенка “Фазові переходи у щільних системах взаємодіючих бозе-частинок” до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

4. Рекомендувати вченій раді Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Брижик Лариса Свиридівна, доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу теорії нелінійних процесів в конденсованих середовищах Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Рецензенти:

Гусинін Валерій Павлович, доктор фіз.-мат. наук, професор, академік НАН України, головний науковий співробітник відділу астрофізики та елементарних частинок Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

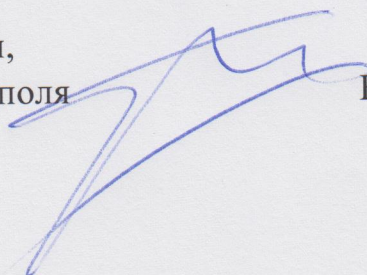
Лев Богдан Іванович, доктор фіз.-мат. наук, професор, академік НАН України, головний науковий співробітник відділу синергетики Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Офіційні опоненти:

Горкавенко Володимир Миколайович, доктор фіз.-мат. наук, доцент, професор кафедри квантової теорії поля та космомікрофізики фізичного факультету Київського національного Університету імені Тараса Шевченка.

Кириллін Ігор Володимирович, доктор фіз.-мат. наук, чл.-кор. НАН України, провідний науковий співробітник відділу електродинаміки високих енергій у речовині Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера ННЦ ХФТІ.

Головуючий на засіданні –
кандидат фіз.-мат. наук,
завідувач відділу
Інститут теоретичної фізики
ім. М. М. Боголюбова НАН України,
відділ теорії ядра і квантової теорії поля



Борис ГРИНЮК