

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101409

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-11-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ ім. В. Н. Каразіна № П/70
від 04.01.2024 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Булахов Микита Сергійович

2. Mykyta Bulakhov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8409-5558

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 19-12-2023

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 14312223

Місцезнаходження: вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 2892

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.05.15, 29.05.23, 29.17.41, 29.29.39

Тема дисертації:

1. Роль нелокальної взаємодії в ультрахолодних бозе-газах з урахуванням спінових ступенів свободи
2. The role of non-local interaction in ultracold Bose gases with consideration of spin degrees of freedom

Реферат:

1. Дисертація присвячена дослідженню впливу нелокальності взаємодії: по-перше, на термодинамічні характеристики слабковзаємодійного бозе-газу як у верхньому околі температури переходу (вище, але близько до неї) до стану з бозе-ейнштейнівським конденсатом (БЕК), так і в стані з БЕК за нульової температури; по-друге, на ефекти, пов'язані зі спіном, а також на структуру спектру одночастинкових збуджень слабковзаємодійного бозе-газу атомів з повним нульовим або одиничним спіном в стані з БЕК за нульової температури. Розділ 1 присвячено викладанню матеріалу, який склав основу й послугував точкою відліку досліджень здобувача, а саме: термодинамічної теорії збуджень, теорії Боголюбова слабковзаємодійного бозе-газу й узагальнення канонічних перетворень Боголюбова. Розділ 2 присвячено побудові термодинаміки бозе-газу в верхньому околі температури фазового переходу до стану з БЕК із урахуванням поправок першого і другого порядку за взаємодією до основних термодинамічних величин. Теоретичний опис побудований у рамках термодинамічної теорії збуджень. Результати проаналізовано за допомогою чисельних методів для локальної й нелокальної моделей потенційної взаємодії. У розділі 3

аналізується система рівнянь, яка дає змогу визначити такі термодинамічні характеристики слабковзаємодійного ультрахолодного бозе-газу атомів із повним нульовим спіном у стані з БЕК, як: хімічний потенціал і густину частинок конденсату. Означена система рівнянь враховує внесок від квадратичних за операторами народження й знищення доданків і дозволяє досліджувати систему для низки модельних потенціалів нелокальної взаємодії. Повний аналіз проведено з використанням чисельних методів для двох нелокальних моделей потенціалу взаємодії: модель півпрозорих сфер і модель з профілем гаусового (нормального) розподілу. У розділі 4 вивчається термодинаміка й магнітні властивості всіх можливих станів БЕК у бозе-газі частинок зі спіном $S = 1$ за наявності зовнішнього магнітного поля. На відміну від попередніх досліджень спірних конденсатів міжатомна взаємодія вважається нелокальною. У цьому випадку відповідний гамільтоніан будується з урахуванням спінових і квадрупольних ступенів свободи, які елегантно вводяться на рівних правах крізь призму алгебри $SU(3)$. Зв'язок із зовнішнім магнітним полем забезпечується за допомогою як спінового оператора (лінійний ефект Зеемана), так і за допомогою оператора квадрупольного моменту (квадратичний ефект Зеемана).

2. The dissertation is devoted to studying the effect of the nonlocality of interaction on: first, thermodynamic quantities of a weakly interacting Bose gas both in the upper neighbourhood of the transition temperature (higher, but close to it) to the state with Bose-Einstein condensate (BEC) and in the state with BEC at zero temperature; second, spin-related effects and the structure of the single-particle excitation spectrum of a weakly interacting Bose gas of spinless or spin-1 atoms with BEC at zero temperature. Chapter 1 deals with the presentation of the basic approaches and the reference point of the author's research: thermodynamic perturbation theory, Bogoliubov theory of a weakly interacting Bose gas, and generalization of Bogoliubov canonical transformation. Chapter 2 is devoted to the constructing thermodynamics of a Bose gas in the upper neighbourhood of the phase transition temperature to the state with BEC taking into account the first and second order corrections in interaction to the main thermodynamic quantities. The theoretical description is based on the thermodynamic perturbations theory. The results are analyzed by using numerical methods for local and non-local models of the interaction potential. Chapter 3 analyzes the system of equations that allows one to determine such thermodynamic characteristics of a weakly interacting ultracold Bose gas of spinless atoms with BEC as chemical potential and condensate particles density. It involves the contribution of quadratic terms in the creation and annihilation operators and enables to study the system for a number of model non-local interaction potentials. The complete analysis was carried out by employing the numerical methods for two models of non-local interaction potential: a model of semitransparent spheres and a model with Gauss (normal) distribution profile. In Chapter 4 the author explores thermodynamics and magnetic properties of all possible magnetic states of a Bose gas of spin-1 atoms with BEC in the presence of an external magnetic field. In contrast to previous studies of spinor condensates, the interatomic interaction is considered to be non-local. In this case, the corresponding Hamiltonian must be constructed taking into account the spin and quadrupole degrees of freedom, which are elegantly introduced on an equal footing through the prism of the $SU(3)$ algebra. The coupling with the external magnetic field is provided both by the spin operator (the linear Zeeman effect) and by the quadrupole moment operator (the quadratic Zeeman effect).

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Bulakhov M.S., Peletminskii A.S., Peletminskii S.V., Slyusarenko Yu.V., and Sotnikov A.G. Re-examining the quadratic approximation in theory of a weakly interacting Bose gas with condensate: the role of nonlocal interaction potentials. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2018. Vol. 51. P. 205302. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6455/aae061> DOI: 10.1088/1361-6455/aae061
- Bulakhov M.S., Peletminskii A.S., Slyusarenko Yu.V., and Sotnikov A.G. Thermodynamics of a weakly interacting Bose gas above the transition temperature. Phys. Scr. 2021. Vol. 96. P. 045401. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1402-4896/abdcf5/meta> DOI: 10.1088/1402-4896/abdcf5
- Bulakhov M.S., Peletminskii A.S., Peletminskii S.V., and Slyusarenko Yu.V. Broken-axisymmetry state and magnetic state diagram of spin-1 condensate through the prism of quadrupole degrees of freedom. J. Phys. A: Math. Theor. 2022. Vol. 55 P. 405003. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8121/ac9098/meta> DOI: 10.1088/1751-8121/ac9098

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Слюсаренко Юрій Вікторович
2. Yurii Slyusarenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5298-0731

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вільчинський Станіслав Йосипович
2. Stanislav Vilchinskii

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9294-9939

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Держко Олег Володимирович

2. Oleg Derzhko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4187-0518

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рашба Георгій Ілліч

2. Georgiy Rashba

Кваліфікація: к.ф.-м.н., доц., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0535-330X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Єзерська Олена Володимирівна
2. Olena Yezerska

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6896-9550

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Гірка Ігор Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Гірка Ігор Олександрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Шевченко Андрій Олександрович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна