

ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання
індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального
плану та роботи над дисертацією **Булахова Микита Сергійовича**
«Роль нелокальної взаємодії в ультрахолодних бозе-газах з
урахуванням спінових ступенів свободи»,
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 10 – Природничі науки
за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

До активної наукової діяльності Микита Сергійович долучився з самого початку проходження переддипломної практики та виконання дипломної роботи під моїм керівництвом у відділі статистичної фізики та квантової теорії поля Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут". Дипломна робота виконана ним на "відмінно".

Закінчив фізико-технічний факультет Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Булахов Микита Сергійович з відзнакою у 2019 році. Того ж року він продовжив свою наукову діяльність в Інституті теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера Національного наукового центру «ХФТІ» на посаді молодшого наукового співробітника та поступив до аспірантури Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. І, відразу зазначу, що освітня складова індивідуального плану Булахова М.С. виконана вчасно та у повному обсязі.

Перший етап роботи в рамках наукової складової індивідуального плану здобувач почав із аналізу літературних джерел, включаючи наукову періодику, пов'язаних із засадами термодинамічної теорії збурень та особливостями її застосувань. Саме в рамках термодинамічної теорії збурень М.С. Булаховим була побудована термодинаміка слабковзаємодійного ультрахолодного бозе-газу в верхньому околі температури переходу до стану з бозе-ейнштейнівським конденсатом. Зокрема, Микита Сергійович обчислив поправки першого й другого порядку за взаємодією до таких термодинамічних величин як тиск, хімічний потенціал, ентропія та питома теплоємність за сталого об'єму. Для отримання зазначених поправок використовувалася теорема Віка-Блоха-Домінісіса, алгоритм застосування якої було вдосконалено здобувачем через уведення матриці Віка. Це вдосконалення, звісно, не впливає на результат, але, на мій погляд, значно поліпшує, а головне - прискорює процес обчислення середніх значень величин, особливо добутків великої кількості операторів. Булахов М.С. чисельно проаналізував здобуті вирази, припускаючи взаємодію між частинками як локальною (контактною), так і нелокальною. Результати аналізу виявили досить слабку якісну залежність здобутих даних від типу потенціалу взаємодії.

Другий етап роботи Булахова М.С. було присвячено дослідженню ролі нелокальної взаємодії в слабковзаємодійному газі бозе-атомів з нульовим та одиничним повним спіном у стані з бозе-ейнштейнівським конденсатом за

нульової температури. Для досягнення поставленої мети за основу було взято теорію Боголюбова слабковзаємодійного бозе-газу.

У випадку частинок із повним нульовим спіном здобувачем було чисельно розв'язано систему рівнянь, що визначає хімічний потенціал і густину частинок конденсату з урахуванням внеску квадратичних за операторами народження й знищення доданків. Внесок квадратичних доданків виявився того ж порядку величини, що і тих, котрі походять із с-числової частини гамільтоніану. Це призводить до появи щілини в спектрі одночастинкових збуджень. Поний аналіз термодинамічних величин газу було проведено для потенціалу напівпрозорих сфер і гаусового потенціалу. Тут слід особливо відзначити ту позитивну для розв'язаної задачі обставину, що здобуті результати не проявили якісної залежності від явного виду модельного потенціалу нелокальної взаємодії. Варто також при цьому підкреслити, що для чисельного аналізу використовувалися типові для експериментів з ультраохолодними газами значення фізичних параметрів.

Урахування нелокальності взаємодії в слабковзаємодійному бозе-газі атомів з одиничним повним спіном у стані з БЕК призводить до необхідності врахування у відповідному гамільтоніані квадрупольної обмінної взаємодії. Булахов М.С., спираючись на гамільтоніан, в якому квадрупольний момент враховано не тільки через обмінну взаємодію, а й через його спарення із зовнішнім магнітним полем, знайшов усі можливі магнітні стани означеної системи з відповідними залежностями термодинамічних величин. Особливу увагу було приділено стану з порушеною осьовою симетрією. Булахов М.С. побудував магнітні діаграми станів для всіх можливих режимів стану з порушеною осьовою симетрією. Здобув спектр одночастинкових збуджень у цьому стані з урахуванням внесків, пов'язаних із нелокальністю взаємодії. Також ним був виявлений і теоретично досліджений раніше невідомий режим стану з порушеною осьовою симетрією.

Під час навчання в аспірантурі Булахов М.С. набув цілу низку компетентностей, необхідних для дослідницької роботи. Серед них здатність до самостійної постановки й творчого розв'язання складних наукових задач, спроможність до аналізу отриманих результатів, навички підготовки й виконання науково-дослідних проєктів і робіт та практичного використання комп'ютерних технологій. Крім того, Булахов М.С. здобув навички викладання, працюючи асистентом викладача у Навчально-науковому інституті «ФТФ» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна на курсах «Теоретична механіка» та «Термодинаміка і статистична фізика». Булахов М.С. проявив себе працелюбним, цілеспрямованим, талановитим дослідником із широкою науковою ерудицією, аналітичними здібностями і високим рівнем володіння англійською мовою.

Результати досліджень здобувача мають досить високу апробацію, оскільки були опубліковані в трьох статтях у фахових періодичних виданнях, включених до наукометричних баз Scopus або WebofScience та викладені в шести доповідях на наукових конференціях.

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що дисертаційна робота Булахова М.С. є самостійним, виконаним на високому теоретичному й практичному рівні, завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати, пов'язані з висвітленням ролі нелокальної взаємодії в ультрахолодному бозе-газі з урахуванням спінових ступенів свободи.

Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи Булахова М.С. виконана повністю.

Науковий керівник, академік НАН
України, доктор фіз.-мат. наук,
професор, начальник відділу ІТФ
імені О.І. Ахієзера ННЦ «ХФТІ»,
професор кафедри матеріалів
реакторобудування та фізичних
технологій ННІ «ФТФ» ХНУ
імені В.Н. Каразіна

Юрій СЛЮСАРЕНКО

Підпис Юрія Слюсаренка засвідчую
Начальник відділу кадрів
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Олена ГРОМИКО