

ВІДГУК

*офіційного опонента на дисертаційну роботу Сазонової О. С.
“АСИМЕТРИЧНІ ТА КОНТИНУАЛЬНІ АНАЛОГИ БІМОДАЛЬНИХ РОЗПОДІЛІВ”
представлену на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.01.03 – математична фізика*

Тема дисертаційної роботи О. С. Сазонової належить до одного з напрямків досліджень сучасної математичної фізики, а саме, теорії нелінійних кінетичних рівнянь. Важливість і актуальність подальшого розвитку теорії таких рівнянь пов'язана, зокрема, з математичними проблемами, які виникають при моделюванні еволюційних процесів складних систем різноманітної природи, і які в останній час визначають один з новітніх напрямків розвитку сучасної математичної фізики.

Мета дисертаційної роботи полягала в побудові та дослідженні властивостей наближених розв'язків нелінійного рівняння Больцмана для систем багатьох частинок із пружним зіткненням. Зазначу, що пріоритетні результати в цьому напрямку досліджень отримано в працях наукового керівника дисертантки професора В. Д. Гордевського в рамках державних наукових тем кафедри математичного аналізу Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатку.

У вступі згідно вимог до оформлення дисертацій обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, висвітлено нові результати, які висунуті для прилюдного захисту, їх апробацію та перелік публікацій автора.

Перший розділ дисертації традиційно присвячено аналізу сучасного стану, основних досягнень і відкритих проблем теорії нелінійних кінетичних рівнянь за темою роботи, а саме, кінетичного рівняння Больцмана, та внеску в обраний напрямок досліджень результатів викладених у дисертації.

У другому розділі роботи сформульовано основні поняття з теорії рівняння Больцмана для системи багатьох частинок, взаємодіючих як тверді кулі з пружним зіткненням, і які в подальшому використовуються для побудови асиметричних та континуальних аналогів бімодальних наближених розв'язків для такого типу кінетичного рівняння. Треба зазначити, що розгляд систем багатьох твердих куль із пружним зіткненням бере свої витоки з праць Дж. Максвелла (1860 р., 1867 р.) та Л. Больцмана (1872 р.). Такий підхід виявився надзвичайно плідним і розвивається на протязі всієї історії існування кінетичної теорії, зокрема, з фізичної точки зору, як

адекватна модель мікроскопічної динаміки розрідженої речовини, так і в якості нетривіальної динамічної системи багатьох частинок з математичної точки зору.

Зазначимо, що отримані в наступних третьому та четвертому розділах результати ґрунтуються на застосуванні методів побудови оцінок для нев'язки нелінійного еволюційного рівняння, тобто залишку різниці між еволюцією невзаємодіючої типової частинки системи та процесом зіткнення частинок, які описуються відповідно оператором вільномолекулярного плинину та інтегралом зіткнень кінетичного рівняння Больцмана. Зауважимо, що для кожного наближеного розв'язку в роботі побудована оцінка відповідного залишку у формі рівномірно-інтегрального (2.16) або інтегрального (2.17) відхилів.

Третій розділ дисертації присвячено побудові наближених розв'язків кінетичного рівняння Больцмана, які визначаються асиметричними бімодальними розподілами з локальними модами плиннів частинок типу ґвинтових рівноважних станів систем частинок із зіткненням твердих куль. Встановлено граничні випадки, в яких асиметричні бімодальні розподіли мінімізують рівномірно-інтегральний (підрозділ 3.1) та інтегральний (підрозділ 3.2) відхили.

У четвертому розділі дисертаційної роботи автором побудовано наближені розв'язки рівняння Больцмана для систем багатьох частинок із пружним зіткненням, які визначаються континуальною суперпозицією глобальних (4.1) та локальних максвелівських розподілів ґвинтового типу (4.17) з довільними значеннями гідродинамічних параметрів. Встановлено достатні умови малості рівномірно-інтегрального (підрозділ 4.2.1) та інтегрального (підрозділ 4.2.2) відхили. У цьому розділі також проаналізовано фізичний зміст отриманих результатів, що може бути використано з метою їх подальших практичних застосувань.

Основні результати роботи сформульовано в твердженнях відповідних теорем.

Таким чином, оскільки теорія нелінійних диференціальних рівнянь у частинних похідних та її застосування належать до одного з актуальних напрямків розвитку сучасної математичної фізики, побудовані в дисертації нові наближені розв'язки для нелінійного інтегро-диференціального рівняння Больцмана можна віднести до одного з основних досягнень роботи.

Перелік основних результатів роботи наведено у висновках до дисертації.

Список використаних джерел в роботі відображає основні публікації сучасного етапу розвитку теорії кінетичного рівняння Больцмана для систем багатьох частинок, яке розглядається в роботі, і є достатньо повним. У додатку наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

У цілому дисертаційна робота оформлена достатньо якісно і виконана на сучасному науковому рівні. Зазначені нижче зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

До недоліків роботи треба віднести перш за все низку неточностей технічного характеру. У другому розділі вводяться позначення, які пояснюються в наступних розділах, наприклад, позначення для максвелівського розподілу (формули (2.7) та (2.15)) пояснюються в останньому розділі (формула (4.2)), те саме стосується до позначень масової швидкості (формули (2.8), (2.9)). В рівнянні (2.1), (2.2), (2.3) використано різні позначення для скалярного добутку та не точно пояснено зміст параметру перед інтегралом зіткнень. В роботі використано термін «рівняння Больцмана для моделі твердих куль», замість якого, на мою думку, точніше було б вживати «рівняння Больцмана для частинок із зіткненням твердих куль» з огляду на ту обставину, що таким рівнянням описуються системи багатьох частинок із зіткненням. Також є ряд інших термінологічних неточностей, наприклад, вживається термін «передбачається» замість «припустимо», та несуттєвих описок, наприклад, в авторефераті двічі пронумеровано різні формули як (7).

До змісту роботи, а саме, як роботи в галузі математичної фізики, зауважу, що рукопис дисертації значно виграв би за детальнішого обговорення фізичної інтерпретація класів функцій, для яких встановлено наближені розв'язки рівняння Больцмана, зокрема, це стосується запропанованого для розв'язку зображення (2.15), (4.1).

Отримані результати роботи можуть бути використані для дослідження інших типів нелінійних еволюційних рівнянь класичних систем частинок. З метою стимулювати подальші дослідження по темі дисертації, зауважу наступне. Отримані нові результати можуть бути поширені на кінетичні рівняння, які узагальнюють рівняння Больцмана для щільних систем частинок, а саме, на рівняння Больцмана за наявності початкових кореляцій, яким описуються плинні твердих куль в конденсованих станах, і на кінетичне рівняння Больцмана – Енскоґа.

Ще одним з можливих напрямків застосувань результатів дисертації є побудова наближених розв'язків для рівняння Больцмана та його узагальнень для системи твердих куль з непружним зіткненням, які в останній час широко використовуються з метою моделювання колективної поведінки м'якої речовини в конденсованому стані, а саме, гранульованих газів і гранульованих середовищ. В цьому випадку структура бімодального розподілу для плиннів твердих куль з непружним зіткненням має відрізнятись від розподілів розглянутих в дисертації.

Підсумовуючи, знову відзначу, що дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому отримано результати в одному з актуальних напрямків розвитку сучасної математичної фізики. У цілому результати дисертації, винесені на захист, є новими, достовірними і належать автору. Вони детально опубліковані в авторитетних наукових виданнях з математики і математичної фізики, а саме, у шести статтях у фахових журналах, і мали достатню апробацію на фахових конференціях (опубліковано десять тез доповідей міжнародних конференцій),

наукових семінарах та за результатами обговорювань з провідними фахівцями з математичної фізики.

Автореферат дисертації достатньо повно передає основні положення роботи, а сама дисертаційна робота цілком відповідає паспорту спеціальності 01.01.03 – математична фізика.

На мою думку, дисертаційна робота О. С. Сазонової "Асиметричні та континуальні аналоги бімодальних розподілів" є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує важливу і актуальну проблему сучасної математичної фізики, а саме розвиток методів побудови наближених розв'язків нелінійних кінетичних рівнянь систем багатьох частинок із зіткненням. Вона задовольняє всім вимогам до кандидатських дисертацій, які подаються на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.01.03 – математична фізика, зокрема, «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19 серпня 2015 р. та № 1159 від 30.12.2015 р., а сама дисертантка Сазонова Олена Станиславівна, без сумніву, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.01.03 – математична фізика.

Провідний науковий співробітник
Інституту математики НАН України
доктор фізико-математичних наук,
професор

27.11.2019

