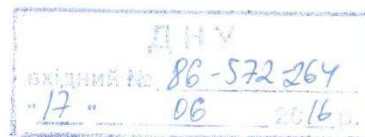


ВІДГУК



*офіційного опонента на дисертацію Горєва В'ячеслава Миколайовича
«Скорочений опис нерівноважних систем з урахуванням релаксаційних процесів»
на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.*

Тема дисертаційної роботи Горєва В. М. належить до одного з актуальних напрямків розвитку сучасної теоретичної фізики – теорії нерівноважних процесів систем багатьох частинок, а саме, дослідженню еволюції гідродинамічних станів для однокомпонентного газу та іонізованої двокомпонентної плазми за наявності процесів релаксації в таких системах. У зв'язку з цим треба зазначити, що визначальний внесок до цієї теорії, який і обумовив її подальший прогрес, було зроблено в працях академіка М. М. Боголюбова. Робота дисертанта присвячена подальшому розвитку методу скороченого опису нерівноважних станів Боголюбова.

Мета дисертаційної роботи В. М. Горєва полягала в узагальненні методу Чепмена – Енскога побудови розв'язків кінетичних рівнянь за наявності в системах багатьох частинок релаксаційних процесів.

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

У вступі згідно вимог до дисертацій обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, висвітлено нові результати, висунуті для прилюдного захисту, їх апробацію та розглянуто практичне значення проведених досліджень.

Перший розділ дисертації традиційно присвячено аналізу сучасного стану, основних досягнень і відкритих проблем теорії нерівноважних процесів за темою роботи. Оскільки дисертаційна робота ґрунтується на методі скороченого опису нерівноважних станів сформульованого Боголюбовим, тому в цьому розділі наведено аналіз такого підходу і його модифікації – методу Чепмена – Енскога, та зазначено сучасну тенденцію їх розвитку – використання для опису нерівноважних систем нових незалежних параметрів, зокрема таких, якими описуються релаксаційні процеси на етапі їх завершення. Зазначу, що оглядовий розділ роботи викладено кваліфіковано і він є необхідним для формулювання результатів отриманих в дисертації.

Другий розділ дисертації присвячено узагальненню методу Чепмена – Енскога побудови розв'язків кінетичних рівнянь за наявності релаксаційних процесів в просторово-однорідних системах багатьох частинок. Для опису еволюції стану системи використано кінетичне рівняння Больцмана.

Підхід дисертанта до узагальнення методу Чепмена – Енскога в роботі ґрунтується на ідеї функціональної гіпотези Боголюбова скороченого опису нерівноважних станів систем багатьох частинок. Параметрами скороченого опису є параметри гідродинамічного стану та відхилення додаткових параметрів, які описують стан системи.

В цьому розділі також наведено приклад застосування розвинутого підходу до теорії максвелловської релаксації у випадку просторово-однорідних станів – процесу формування гідродинамічних дисипативних потоків у системі багатьох частинок, що дозволило встановити значення часів релаксації відповідних параметрів скороченого опису теорії Греда. Показано, що часи релаксації теорії Греда визначаються наближенням одного полінома при розв'язуванні інтегральних рівнянь розробленої теорії, і знайдено зазначені часи у наближенні двох поліномів.

Таким чином, автором запропонована нова і ефективна модифікація методу Греда як застосування узагальненого методу Чепмена – Енскога. В рамках методу Греда нерівноважна функція розподілу постулюється і може містити як додаткові до гідродинамічних нові параметри скорочено опису, які є деякими моментами функції розподілу. При цьому вираз для функції розподілу не ґрунтується на використанні якогось малого параметра і у подальшому не потребує уточнення. У розробленому в дисертації підході вважається, що додаткові параметри скороченого опису, які теж є деякими моментами функції розподілу, мало відрізняються від їх звичайних гідродинамічних значень. В результаті внесок у функцію розподілу першого порядку співпадає за структурою з функцією розподілу Греда (лінійна комбінація параметрів скороченого опису). Коефіцієнти ж цієї функції розподілу виражаються через розв'язки певних інтегральних рівнянь. Вони наближено обчислюються в підході дисертанта і в найпростішому наближенні одного поліному співпадають із результатом Греда. Більше того, за допомогою розробленого підходу можливе дослідження і процесу нелінійної релаксації.

У третьому розділі за допомогою побудованої у попередньому розділі дисертації загальної теорії досліджується релаксація швидкостей та температур компонент просторово-однорідної цілком іонізованої електрон-іонної плазми. Для опису стану системи використано кінетичне рівняння Ландау. Релаксаційні процеси вирівнювання температур і швидкостей компонент плазми досліджено на етапі їх завершення.

Четвертий розділ дисертації присвячено дослідженню впливу релаксаційних процесів на гідродинамічні властивості плазмових просторово неоднорідних систем за допомогою сформульованого в дисертації узагальнення методу Чепмена – Енскога.

Досліджено випадок процесу релаксації температур і швидкостей компонент системи на етапі її завершення. В якості параметрів скороченого опису обрано канонічні гідродинамічні змінні, а також відхилення температури і швидкості

електронної компоненти від їх гідродинамічних значень. Рівняння узагальненого в дисертації методу Чепмена – Енскога досліджуються методами теорії збурень за малим параметром відношенням мас електронів й іонів на основі кінетичного рівняння Ландау, що дозволило послідовно врахувати динаміку іонної компоненти плазмової системи. Отримані спрощені інтегральні рівняння наближено розв'язані методом розвинення за поліномами Соніна.

До основних результатів цього розділу також треба віднести дослідження впливу релаксації на дисипативні процеси в системі. Зокрема встановлено, що нелінійний ефект зменшення в'язкості і теплопровідності плазми пов'язаний з процесом релаксації температур. Низка результатів доведена до чисельного розрахунку.

П'ятий розділ дисертації присвячено дослідженню мод кінетичних рівнянь Власова та Ландау – Власова для двокомпонентної плазми в гідродинамічних станах за наявності процесів релаксації температур і швидкостей компонент.

Таким чином, до основних досягнень дисертації можна віднести перш за все такі результати. Узагальнення методів Чепмена – Енскога і Греда побудови розв'язків кінетичних рівнянь з врахуванням релаксаційних ступенів вільності. Опис процесу максвеллівської релаксації і гідродинаміки цілком іонізованої плазми з врахуванням релаксаційних процесів. Побудова гідродинаміки плазми, дослідження властивостей її кінетичних коефіцієнтів і мод із врахуванням динаміки іонів методами теорії збурень за параметром відношення мас електрона та іона.

У висновках до дисертації наведено перелік основних результатів роботи. Список використаних джерел відображає основні публікації за темою дисертації, зокрема, перелік використаних джерел стосовно побудови розв'язків кінетичних рівнянь на основі методів теорії збурень є достатньо повним.

Зауважу також, що дисертаційна робота не позбавлена окремих недоліків, які проте не впливають на її загальну позитивну оцінку і можуть бути предметом подальших досліджень.

- У роботі при дослідженні гідродинамічних процесів в плазмових системах не розглянуто питання переваг аналізу властивостей розв'язку інтегральних рівнянь розробленої теорії методами теорії збурень за параметром відношення мас частинок та побудовою їх наближеного розв'язку за допомогою розвинення за поліномами Соніна.

- У роботі також недостатньо висвітлено питання збіжності рядів, якими зображуються розв'язки відповідних інтегральних рівнянь.

У цілому дисертаційна робота оформлена якісно і виконана на сучасному науковому рівні. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень релаксаційних процесів у випадку станів систем багатьох частинок далеких від стану локальної рівноваги, зокрема, це відноситься до розвинутої автором теорії опису гідродинамічних станів плазмових систем.

Підсумовуючи, відзначу, що результати дисертації, винесені на захист, є новими, достовірними і належать автору. Вони детально опубліковані в авторитетних наукових виданнях, а саме, 8 статтях у фахових наукових журналах (4 журналу індексуються в SCOPUS), у 9 збірниках праць міжнародних конференцій (4 збірника праць індексуються в SCOPUS), та обговорювались з провідними фахівцями з теоретичної фізики на наукових семінарах і конференціях (опубліковано 24 тези доповідей міжнародних конференцій). Автореферат дисертації достатньо повно передає основні положення роботи, а сама дисертаційна робота цілком відповідає паспорту спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика.

На мою думку, дисертаційна робота Горєва В. М. "Скорочений опис нерівноважних систем з урахуванням релаксаційних процесів" є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує важливу і актуальну проблему сучасної теоретичної фізики, а саме, проблему врахування релаксаційних процесів в методі скороченого опису нерівноважних систем багатьох частинок, і є суттєвим внеском для подальшого розвитку кінетичної теорії. Вона відповідає всім вимогам щодо кандидатських дисертацій, які подаються на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична 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 сам дисертант Горєв В'ячеслав Миколайович, безперечно заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

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

15.06.2016

