

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Клюшніченко Олександра Вікторовича

**"Індукована дисипативна взаємодія та колективне розсіяння в
Ленгмюровому гратковому газі",**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за
спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика

Актуальність теми дисертації

Підґрунтам для дослідження є досить загальна проблема, пов'язана із механізмами збурення середовища внаслідок наявного в цьому середовищі потоку частинок. Відомо, що збурення, які виникають у середовищі в такому випадку можуть бути довготривалими та протяжними. Це зумовлює далекосяжні кореляції домішкових частинок і приводить до ефектів колективної поведінки і утворення дисипативних структур. Вирішальними тут є механізми втрати енергії в системі домішка-середовище, особливості власне середовища та тип взаємодії частинок. Найбільш цікавими в цьому відношенні є середовища з дисипативними властивостями.

Основна увага в роботі приділяється вивченю короткосяжних міжчастинкових взаємодій у газах. А саме, досліджується вплив ефекту блокади на поведінку далекосяжних нерівноважних сил та кореляцій між домішками, а також на властивості нерівноважних структур і колективного розсіяння. Як основна модель середовища в роботі розглядається багатокомпонентний Ленгмюровський гратковий газ. Особливість цієї моделі в тому, що, вона не тільки описує дисипативну систему, але в ній також реалізується сильне короткосяжне міжчастинкове відштовхування, котре має безпосереднє відношення до ефекту блокади.

На основі зазначененої моделі в роботі досліджуються ефекти, які виникають при розсіянні потоку газу на домішках. Серед найбільш значимих ефектів для такої системи можна виділити інверсію сліду, підсилення та зупинку ударної хвилі, підсилення колективного розсіяння, та низку інших. Таким чином,

мова йде про цікаві і перспективні дослідження, і їх актуальність не підлягає сумніву. Додатковим підтвердженням щодо актуальності теми дисертації є той факт, що вона виконувалась в Інституті фізики НАН України в рамках бюджетних тем ВЦ/138 "Нанофізика квантоворозмірних та низьковимірних структур, у тому числі на поверхні твердого тіла, в металоорганічних, полімерних та рідкоクリсталічних системах, молекулярна наноелектроніка" (№ держ. реєст. 0107U002165), В/133 "Оптичні та транспортні властивості нелінійних і просторово обмежених систем" (№ держ. реєст. 0107U002349), В/161 "Явища переносу і дисипації в нелінійних та обмежених середовищах" (№ держ. реєст. 0112U003150), ВЦ/156 "Дослідження конденсованих систем на нанометровому рівні з метою з'ясування розмірних фізичних ефектів, розроблення фізичних основ нових електронних і іонних технологій" (№ держ. реєст. 0112U002509), В/183 "Релаксаційні та розмірні явища в лінійних та нелінійних середовищах" (№ держ. реєст. 0117U002613), ВЦ/188 "Фундаментальні процеси, що визначають властивості новітніх фізичних об'єктів та матеріалів для електроніки, оптоелектроніки, фотоніки та спінtronіки" (№ держ. реєст. 0117U002612).

Результати, отримані в дисертаційній роботі, є важливими для розуміння механізмів формування дисипативних структур, виникнення ефекту інверсії сліду та зміни характеру дисипативної взаємодії. Результати дисертаційного дослідження опубліковані у рейтингових фахових журналах та пройшли апробацію на семінарах та міжнародних наукових конференціях.

Структура дисертації

Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, переліку посилань (128 найменувань, 14 сторінок), трьох додатків. Робота містить 29 рисунків, її повний об'єм становить 154 сторінки.

Вступ присвячено обґрунтуванню актуальності теми дослідження. Там сформульована мета та задачі дослідження, висвітлена наукова новизна та цінність отриманих результатів.

У *першому розділі* увага приділяється дослідженню збурень густини, які виникають у випадку розсіяння потоку газу на окремій домішці та за-

наявності короткосяжного відштовхування між частинками газу. Як основна використовується модель Ленгмюрового ґраткового газу. Досліджено зв'язок між короткосяжними міжчастинковими кореляціями в газі та характером дифузійного сліду. В наближенні середнього поля отримано ефект перемикання сліду та розраховано асимптотичну поведінку сліду. Також проаналізовано межі застосовності використаного лінійного наближення.

У другому розділі вивчаються дисипативні сили, котрі діють між включеннями. В цьому розділі, зокрема, проаналізовано механізми зміни знаку дисипативної взаємодії між включеннями. З урахуванням нелінійних ефектів блокади для частинок газу проведено розрахунок і зроблена оцінка для індукованих дисипативних сил взаємодії включень. Досліджено випадок далеко рознесених малих домішок.

У третьому розділі вивчається колективне розсіяння потоку частинок на кластерах домішок. Визначено, що всередині неоднорідних кластерів можуть виникати сильні локальні флюктуації розсіяного поля. Виявлено один з можливих нестаціонарних механізмів релаксації початкового збурення.

У четвертому розділі в рамках адіабатичного наближення розглядаються деякі граничні випадки для моделі ґраткового газу. Розраховано парну кореляційну функцію флюктуацій швидкості. Досліджено процес релаксації в квазіодновимірному випадку.

Висновки містять перелік основних результатів роботи та узагальнення щодо цих результатів.

Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність результатів та висновків роботи не викликає сумнівів. Це твердження базується на тому, що в дисертації використані перевірені і добре апробовані методи теоретичного дослідження. Моделі та теорії, на основі яких виконувались дослідження, є цілком прийнятними та адекватними до мети і задач дослідження. Результати узгоджуються з наявними експериментальними даними і даними числового моделювання. Також вони добре корелюють з результатами, отриманими іншими авторами.

Наукова новизна роботи

Наукова новизна роботи в першу чергу пов'язана з тим, що у роботі визначено умови для виникнення ефекту інверсії сліду, досліджено вплив блокади частинок газу на зміну знаку ефективної взаємодії між домішками, проаналізовано особливості колективного розсіяння при наявності нелінійного ефекту блокади в газі. Виявлено можливості для від'ємного масоперенесення внаслідок релаксації густини, розраховано параметри для від'ємних кореляцій між частинками двокомпонентного граткового газу.

Практична цінність дисертаційної роботи

Практична цінність роботи пов'язана з тим, що отримані в ній результати дозволяють краще зрозуміти специфіку механізмів виникнення дисипативних структур у реальних та модельних системах та дають пояснення процесам, які відбуваються при цьому. Зокрема, результати роботи можуть бути важливими для розв'язання прикладних задач макро- та мікрореології, їх можна застосувати для дослідження колоїдних суспензій та систем із запорошеню плазмою. Також розглянуті у роботі задачі мають відношення і можуть бути використані для аналізу нерівноважної поведінки супер-йонних провідників та міграції адсорбованих атомів по поверхні твердого тіла.

Зауваження до роботи

Зауваження стосуються в першу чергу позиціонування отриманих результатів та критичного аналізу використаних у роботі підходів. А саме:

1. В дисертації доцільно було би більше уваги приділити висвітленню робіт інших дослідників, зробивши акцент на тому, які нерозв'язані ще задачі викликають найбільший інтерес. Це дозволило би, з одного боку, підкреслити оригінальність представленої роботи, а з іншого - окреслити шляхи для подальших досліджень.

2. Було би непогано, якби в роботі більш детально висвітлювалися результати експериментів, які стосуються досліджуваних в дисертації ефектів. За відсутності відповідних експериментів непогано було би дати рекомендації щодо специфіки їх проведення.

3. В роботі фактично досліджується модельна система граткового газу. Модель є цікавою сама по собі, однак справжній інтерес викликають реальні системи. Цікаво було б отримати відповідь на запитання, наскільки отримані в роботі результати є універсальними. Хоча в дисертації й наводиться відповідний критичний аналіз отриманих результатів, але він міг би бути більш ґрунтовним.

Разом з тим, слід чітко зазначити, що наведені вище зауваження жодним чином не знижують загалом високого рівня роботи і її практичного та наукового значення.

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона виконана на високому фаховому рівні і містить нові, цікаві та практично значущі результати. Основні положення дисертаційної роботи відображені в авторефераті. Як сама робота, так і автореферат, оформлені відповідно до вимог, які висуваються до дисертаційного дослідження. Результати дисертації опубліковані у фахових журналах й апробовані на семінарах та конференціях. Враховуючи все це, вважаю, що дисертаційна робота "Індукована дисипативна взаємодія та колективне розсіяння в Ленгмюровому гратковому газі" відповідає всім нормативним вимогам пунктів 9, 11-13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою КМУ №567 від 24.07.13 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.05.15, №1159 від 30.12.15 та №567 від 27.07.2016), а її автор, Клюшніченко Олександр Вікторович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 - теоретична фізика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук,
професор кафедри теоретичної фізики
фізичного факультету Київського національного
університету імені Тараса Шевченка

О.М. Васильєв

ПІДЛІС ЗАСІДАЧУЮЩИЙ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР НДЧ
КАРАУЛЬНА Н.В.
12.06.2019 р.