

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію **Клюшніченка Олександра Вікторовича**

“Індукована дисипативна взаємодія та колективне розсіяння
в Ленгмюровому гратковому газі”,

яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Актуальність теми. Вивчення нерівноважних процесів у газоподібних і конденсованих середовищах є одним з найважливіших напрямків у фізиці. Це обумовлено як необхідністю глибокого розуміння процесів переносу енергії і зарядів в різного виду структурах, так і застосуванням виявлених закономірностей в пристроях, які здійснюють зарядовий і масоперенос на мікро- та макроскопічних масштабах. Особливий інтерес представляють системи, в яких квазістійкі структури виникають і підтримуються зовнішніми збуреннями. Завдяки ефектам пам'яті, обумовленим релаксаційними процесами в середовищі, зовнішня дія залишає добре фіксований слід. Аналіз сліду дозволяє отримати важливу інформацію як про саме середовище, так і механізм дії на середовище. При цьому, у випадку дії на середовище або потоком зовнішніх частинок, або рухомими частинками середовища на квазістатичні структури виникає особливий тип взаємодії, який називають нерівноважним. Дослідження показали, що нерівноважні взаємодії можуть призводити до утворення особливих нерівноважних структур, які можуть проявлятися у вигляді слідів.

В дисертації О. В. Клюшніченка проведено детальне вивчення формування нерівноважних структур типу слідів, ударних хвиль, пост-солітонних структур та ін. в модельних системах типу ленгмюрівського граткового газу. Особливу увагу було приділено використанню аналітичних методів в поєднанні з методами чисельного моделювання. Цілі та задачі дисертації чітко сформульовані, а самі дослідження виконані на високому рівні та опубліковані в провідних фізичних журналах.

Дисертація складається зі Вступу, чотирьох розділів, Висновків, списку літератури і трьох додатків. У Вступі викладено актуальність дослідження проблеми виникнення нерівноважних взаємодій і ролі цих взаємодій у формуванні дисипативних структур. Там же вказані мета дослідження, методи дослідження, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.

В Розділі 1 основну увагу приділено механізму виникнення сліду за рахунок розсіяння потоку газу на окремих, тобто не взаємодіючих домішках. В якості моделі використовується ґратковий газ з випадковими стрибками частинок на сусідні не зайняті вузли двовимірної решітки. Показано, що внаслідок короткодійних міжчастинкових кореляцій може виникати принципова відмінність у формуванні дифузійного сліду, викликаного рухом включень або обтіканням нерухомого включення потоком газу.

В Розділі 2 показана роль дисипативної взаємодії між включеннями, індукованої їх слідами. Основний результат розділу полягає в тому, що виникаюча між включеннями сила взаємодії немонотонним чином залежить від концентрації газу, швидкості потоку і взаємного розташування включень по відношенню до напрямку потоку.

В Розділі 3 розглянута роль кластера домішок в формуванні колективного ефекту розсіяння потоку газу. Показано, що виникаючі колективні ефекти можуть помітно підсилюватися, призводячи до підсилення амплітуди ударної хвилі та прискорення фронту хвилі, появи великих флуктуацій розсіяного поля густини газу, а також генерації кластером солітоноподібних структур типу лавин.

В Розділі 4 досліджені індуковані довгочасові від'ємні кореляції, «від'ємний» дифузійний транспорт і субдифузія в неоднорідному середовищі. Як показано, перераховані явища обумовлені багатоконпонентністю газового потоку і ведуть до наступних висновків: різниці в швидкостях руху компонент газу, що позначається на виникненні індукованих кореляцій (і, як наслідок, утворенні довгочасового хвоста парної кореляційної функції швидкостей) та появи від'ємного масопереносу, зумовленого релаксацією густини в сильнеоднорідному середовищі.

Дослідження дисертанта виконані ретельно, аналітичні розрахунки приведені детально, подана корисна ілюстрація результатів. Однак в ряді випадків поряд з формальним показом результатів слід було більше уваги звернути на фізичний зміст отриманих результатів, що можна віднести до основного зауваження до дисертації. Зокрема:

(а) бажано було б більш детально пояснити фізичну причину виникнення нерівноважної взаємодії;

(б) не цілком зрозуміла постановка задачі про броунівські частинки, що рухаються під дією зовнішнього поля і налітають на нерухомі адатоми чи кластери;

(в) потрібні додаткові обґрунтування моделі квазіодновимірною двокомпонентного газу з одною рухливою компонентою, звідки незрозуміла причина виникнення від'ємного масопереносу;

(г) відсутнє порівняння даних про характерні часи формування сліду і розмивання сліду.

Наведені зауваження жодною мірою не применшують результати досліджень автора. Дослідження О. В. Ключніченка виконані на високому науковому рівні з залученням сучасних методів теоретичної фізики та обчислювальної техніки. Результати роботи опубліковані в провідних наукових фізичних журналах і апробовані на міжнародних наукових конференціях.

Дисертація О. В. Ключніченка “Індукована дисипативна взаємодія та колективне розсіяння в Ленгмюровому ґратковому газі” є цілісною і завершеною роботою, яка є актуальною для фізики нерівноважних і транспортних процесів в газовому та конденсованому середовищах. Робота містить наукову новизну і практичну цінність. Вона відповідає всім вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій. Автореферат повністю відображає зміст дисертації. Дисертація відповідає спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика, а її автор, Ключніченко Олександр Вікторович, без сумніву, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,
член-кореспондент НАН України,
завідувач відділу теорії квантових процесів
у наносистемах Інституту теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова НАН України

Е.Г. Петров

Підпис Петрова Ельмара Григоровича засвідчую:

Вчений секретар Інституту теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



С.М. Перепелиця