

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Литвиненка Дмитра Михайловича,
«Статистична теорія систем заряджених частинок над поверхнею діелектриків»
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних
наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Дисертаційна робота Литвиненка Д.М. присвячена побудові та розвитку нового підходу до опису розподілів зарядів одного знаку та електричних полів над поверхнею рідкого діелектрика на основі істотно узагальненої автором моделі Томаса-Фермі. Узагальнення полягає у використанні варіаційного принципу, що дозволяє отримати систему рівнянь самоузгодження для опису рівноважного стану зазначеної фізичної системи. Розвинутий підхід надає можливість описувати фазові переходи в системі, що призводять до трансформації поверхні рідкого діелектрика і утворення просторово-періодичних структур над поверхнею. Варто зазначити, що подібного послідовного підходу в теорії таких фазових переходів дотепер побудовано не було, існуючі теоретичні підходи до опису подібних систем зазвичай є феноменологічними. Зазначені обставини і зумовлюють загальнонаукову і практичну цінність та актуальність дисертаційної роботи Литвиненка Д.М.

Дисертація налічує 153 сторінки і містить: вступ, чотири розділи, висновки та список використаних джерел із 90 найменувань на 8 сторінках, додаток на 3 сторінках.

У вступі обґрунтовується вибір і актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й основні задачі дослідження, методи й теоретичні основи розв'язання цих задач, розкрито наукову новизну положень, які виносяться на захист, визначено наукову й практичну цінність проведених досліджень.

Перший розділ присвячено літературному огляду теоретичних та експериментальних робіт з вивчення систем заряджених частинок над поверхнею діелектриків. Проаналізовано поточний стан зазначеної галузі досліджень та відзначено недоліки існуючих підходів, обґрунтовано мотивацію досліджень, викладених у наступних розділах дисертаційної роботи, спрямованих на побудову послідовного підходу, який базується на перших принципах статистичної механіки, а отже, позбавлений недосконалостей феноменологічних підходів.

Другий розділ присвячено побудові статистичного підходу на основі варіаційного принципу, застосованого до опису системи заряджених фермі-частинок над поверхнею рідкого діелектрика у зовнішньому електричному полі. Такий підхід дозволяє описати рівноважний стан системи за допомогою пов'язаних рівнянь самоузгодження. Далі описано сценарій фазового переходу, який має призводити до утворення просторово-періодичних структур у такій системі. Розглянуто випадок фазового переходу поблизу критичної точки в рамках теорії збурень за малим параметром порядку, здобуто рівняння для опису симетричної фази системи з незбуреною плоскою поверхнею діелектрика і несиметричну фазу системи – з просторово періодичними структурами.

У третьому розділі викладено розв'язок пов'язаних рівнянь самоузгодження для випадку симетричної фази системи. Розглянуто як випадок квазінейтральної системи, коли зовнішнє електричне поле компенсується полем частинок, так і випадок зарядженої системи, коли поля зарядів недостатньо для компенсації зовнішнього поля. Проаналізовано умови виходу опису за межі статистики Больцмана та досліджено характеристики системи над тонкою плівкою рідкого діелектрика.

Четвертий розділ присвячено аналізу несиметричної фази зазначеного фазового переходу із формуванням просторово-періодичних структур у системі. В одномірному випадку, залучивши перший порядок теорії збурень за малим значенням параметра порядку, здобуто рівняння критичної поверхні фазового переходу у просторі критичних значень його характеристик. У третьому порядку теорії збурень за малим значенням параметра порядку поблизу зазначеної критичної поверхні здобуто аналітичний вираз для цього параметра фазового переходу - амплітуди просторово-періодичного збурення профілю поверхні рідкого діелектрика. У цьому розділі також проведено порівняння здобутих результатів з експериментальними даними зі спостереження лункових кристалів та проілюстровано добре кількісне узгодження.

Новизну результатів, отриманих у дисертації, видно з наведеного вище змісту її розділів. У роботі побудовано послідовну статистичну мікроскопічну теорію для опису системи заряджених фермі-частинок над поверхнею рідкого діелектрика в зовнішньому електричному полі, сформульовано варіаційний принцип, що дозволяє отримати систему рівнянь самоузгодження, які описують рівноважні стани розглянутої системи, у рамках запропонованого підходу здобуто вираз для критичної поверхні фазового переходу до просторово-періодичних станів у системі, який визначає зв'язок між критичними параметрами фазового перетворення, одержано вираз для параметра порядку фазового перетворення поблизу критичної поверхні та показано, що його величина змінюється пропорційно квадратному кореню із зовнішнього поля. Фактично, як проведені дослідження, так і усі результати, наведені у дисертації, є новими.

Наукові положення дисертації, її висновки ретельно обґрунтовані. Достовірність наукових результатів, одержаних Литвиненком Д.М. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням фундаментальних підходів і методів статистичної і математичної фізики та квантової статистики. Основні наукові результати оприлюднені та неодноразово доповідалися на міжнародних наукових конференціях.

Наукові положення дисертації, її висновки повно викладені в 6 опублікованих статтях у фахових виданнях та 9 тезах доповідей на конференціях, що свідчить про достатній рівень апробації результатів дисертації.

Автореферат дисертації вірно відображає основні її положення і результати. Дисертаційна робота цілком відповідає паспорту спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика.

Наукове та практичне значення роботи. Основні принципи викладеного в дисертації підходу можуть бути використані і для опису інших систем, таких, наприклад, як важкі іони у гравітаційному полі над поверхнею діелектриків. Згадана система може служити моделлю для вивчення просторових розподілів «левітуючого» радіаційного пилу над діелектричною поверхнею, що актуально для екологічних досліджень, пов'язаних, наприклад, з проблемами Чорнобиля. Здобуті в дисертації результати крім наукового, мають і методологічне значення, оскільки вони ілюструють собою яскравий приклад застосування методів статистичної фізики, квантової статистики і математичної фізики до опису доволі складних систем багатьох частинок. Із цієї причини результати та висновки дисертації можуть бути використані при читанні лекцій студентам старших курсів університетів і аспірантів відповідних спеціальностей.

Зауваження до дисертації

1. Запропонований у дисертаційній роботі послідовний мікрокопічний підхід побудовано у квазікласичному наближенні. Однак в області низьких температур і порівняно великих концентрацій газ електронів стає виродженим. Така ситуація, взагалі кажучи, вимагає відмови від квазікласичного наближення для більш точного опису виродженої системи електронів над поверхнею гелію. А такий опис відкрив би і більш широкий спектр експериментальних робіт як джерела результатів, придатних для порівняння із результатами, здобутими дисертантом.
2. У дисертаційній роботі пошук розв'язків для просторово-періодичних упорядкувань, що виникають у результаті фазового переходу системи до несиметричної фази, виконувався в одновимірному випадку. Здавалося б, структура рівнянь самоузгодження дозволяє відшукувати розв'язки у вигляді двовимірних структур типу гексагональних, що спостерігаються в експерименті, а саме визначити величину кута між векторами трансляції виникаючої кристалічної гратки, а також модулі цих векторів.
3. У четвертому розділі дисертаційної роботи описується методика пошуку величини амплітуди просторово-періодичних упорядкувань базуючись на третьому порядку теорії збурень за малою величиною цієї амплітуди в околі точки фазового переходу. Дано процедура призводить до дуже громіздких рівнянь, наприклад формули (4.39) та (4.40), які краще було б винести у додаток або записати їх у наближенні (4.54), що могло б значно скоротити дані вирази і зробити їх більш наглядними.

Проте, вказані недоліки не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи. Перше і друге зауваження взагалі можуть розглядатися як побажання щодо подальших досліджень здобувача.

Висновок.

На мою думку, актуальність, новизна, практична цінність отриманих результатів та відповідність роботи спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика, дозволяє вважати, що дисертація Литвиненка Д.М. «Статистична теорія систем заряджених частинок над поверхнею діелектриків» відповідає усім вимогам щодо кандидатських дисертацій «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. зі змінами 2015-2016 р, і її автор, Литвиненко Дмитро Михайлович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Офіційний опонент

завідувач відділу теоретичної фізики Інституту
радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН
України, член-кореспондент НАН України, доктор
фізико-математичних наук, професор

В.О. Ямпольский

Підпис завідувача відділу теоретичної фізики ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України,
члена-кореспондента НАН України Ямпольского В.О. засвідчую.

Учений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України,
кандидат фізико-математичних наук



І.Є. Почаніна