

## Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Абизова Олександра Сергійовича "Узагальнений підхід Гіббса у теорії нуклеації", представлену на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

У дисертації О. С. Абизова викладені результати фундаментальних теоретичних досліджень, в ході яких зі спільних позицій проаналізовані два різних фізичних явища – фазовий перехід першого роду, що відбувається шляхом утворення зародків нової фази в об'ємі старої, та спінодальний розпад, який відбувається тоді, коли не існує термодинамічного бар'єру між старою та новою фазою (тобто, локального максимуму нерівноважного потенціалу Гіббса між двома мінімумами, що відповідають енергіям двох фаз). Основну увагу приділено таким фазовим переходам, яким відповідає область фазової діаграми поблизу класичної спінодали.

Актуальність досліджень О. С. Абизова підтверджується високими значеннями його наукометричних даних ( $h$ -індекс 22, індекс цитування 1226, за даними бази *Scopus* від 6.08.2021), і тим фактом, що ці дослідження проведені у повній відповідності до наукових програм Інституту теоретичної фізики імені О. І. Ахієзера Національного наукового центру "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України та у співпраці з науковцями Німеччини.

Високий науковий рівень дисертації О. С. Абизова підтверджується тим, що основні її результати опубліковані у 10-ти статтях з журналів 1-го та 2-го кuartилів. Слід зазначити, що у 8-ми статтях О. С. Абизов є першим співавтором. Результати, викладені у дисертації, апробовані в ході представницьких наукових конференцій, що проходили в Україні та за її кордонами.

Відзначу найбільш важливі, на мою думку, результати та особливості дисертації.

1. У дисертації показано, що на початковій стадії фазового переходу 1-го роду у двокомпонентній рідині рушійна сила утворення зародків нової фази виникає завдяки зміні локальної концентрації компонентів, що споріднює цей перехід із спінодальним розпадом і дозволяє аналізувати ці два процеси на спільній теоретичній основі. Доведено, що класична теорія нуклеації дає завищену величину роботи утворення кластеру нової фази, кількісно описано зменшення цієї величини при наближенні до спінодали.

2. Вивчено фазовий перехід першого роду у бінарному розчині, що має скінчений об'єм, і показано, що зменшення об'єму веде до збільшення роботи формування кластерів нової фази, а отже, до збільшення гістерезису фазового переходу. Цей результат є

практично важливим у зв'язку з підвищеною увагою до фізичних систем мікро- та наноскопічних розмірів.

3. Показано, що при наближенні до спінодальної кривої фазовий перехід 1-го роду не може здійснюватися так, як передбачає термодинаміка, внаслідок збільшення критичного розміру зародків нової фази; у такому разі характеристики фазового переходу визначаються кінетичними чинниками і розмір зародків нової фази може бути значно меншим за той, що передбачає термодинамічна теорія.

4. З'ясовано, як пори, наявні на твердій поверхні, впливають на конденсацію пересиченої пари на цю поверхню. Цей результат також є практично важливим.

5. Кількісно проаналізований процес утворення пори всередині зразка переохолодженої речовини, зумовлений кристалізацією поверхневого шару зразка; проведено порівняння теорії з експериментом.

Особливість даної дисертації полягає в тому, що вивчені в ній фундаментальні характеристики фазових переходів є важливими не лише для рідин, а й для твердих тіл. Наприклад, значні зусилля докладаються зараз до зменшення гістерезису гігантської (більше 10%) надпружної деформації сплавів з ефектом пам'яті форми, зумовленої фазовими переходами мартенситного типу. Для вивчення цих переходів і фазових переходів, що відбуваються при насиченні металів воднем, є важливою можливістю збільшення об'єму зразка та пов'язаний з цим від'ємний тиск. (Ці величини вивчені у 10-му розділі дисертації О. С. Абизова).

Оскільки робота О. С. Абизова підготовлена до захисту у формі наукової доповіді, зауваження до дисертації сформульовані нижче переважно з посиланнями на сторінки та формули автореферату.

1. Слід було б пояснити фізичну природу активаційного бар'єру та його принципову відмінність від енергетичного бар'єру між локальними мінімумами потенціалу Гіббса.

2. Слід було б вказати в авторефераті порядок величини розміру  $R_0$  або об'єму  $4\pi R_0^3$  системи (у реальних фізичних одиницях) за якого робота формування кластерів нової фази збільшується на стільки, що це збільшення стає практично важливим.

3. Оформлення автореферату також викликає певні зауваження, а саме, в ньому не пояснено:

- чи є обране значення температури  $0.7T_c$  єдиною величиною, яка визначає наведені в роботі величини  $x_b$  та  $x_{sp}$ ;

- що являє собою функція  $\Phi$  та чи можна вважати її означенням друге з рівнянь системи (5);
- з яким характерним розміром пов'язана величина  $k$  у рівнянні (8);
- пропущено слово у словосполученні "...закіпання рідкої у імпульсних..." на с. 3;
- двічі поспіль повторено слово "вздвж" на с. 9.

Зроблені зауваження не призводять до зниження високої оцінки дисертації О. С. Абизова, оскільки не ставлять під сумнів жоден з представлених в ній результатів, а автореферат, не зважаючи на зауваження, повною мірою відображує зміст дисертації та її високий науковий рівень.

Отже, дисертація "Узагальнений підхід Гіббса у теорії нуклеації" беззаперечно відповідає вимогам до докторських дисертацій за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика, а її автор, Абизов Олександр Сергійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерної інженерії  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка



В.А. Львов

Підпис В.А. Львова засвідчую,  
заступник декана факультету радіофізики,  
електроніки та комп'ютерних систем  
Київського національного університету ім. Тараса Шевченка



О. О. Нагуляк