

**РІШЕННЯ**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Разова спеціалізована вчена рада \_\_\_\_\_ **Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків** \_\_\_\_\_

(повне найменування закладу вищої освіти (наукової

установи), підпорядкування (у родовому відмінку), місто) \_\_\_\_\_ прийняла рішення

про присудження ступеня доктора філософії галузі знань **10 – Природничі науки** \_\_\_\_\_  
(галузь знань)

на підставі прилюдного захисту дисертації "**Кінетика процесів перенесення фіонів та магніонів в гетерогенних наноструктурах**" \_\_\_\_\_

(назва дисертації)

за спеціальністю **104 Фізика та астрономія** \_\_\_\_\_

(код і найменування спеціальності відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

" **25** " **січня** **2024** року.

**Мироненко Ірина Вікторівна** \_\_\_\_\_ 1989 року народження,

(прізвище, ім'я, по батькові (у разі наявності) здобувача)

громадянин **Україна** \_\_\_\_\_,

(назва держави, громадянином якої є здобувач)

освіта вища: закінчила у **2011 році** **Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна**

(найменування закладу вищої освіти)

за спеціальністю **Фізика** \_\_\_\_\_

(за дипломом)

Працює **інспектор деканату фізичного факультету** в **Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна, фізичний факультет, м. Харків** \_\_\_\_\_

(посада)

(місце основної роботи, відомче підпорядкування, місто)

з **2016** р. до цього часу.

Дисертацію виконано у **Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна, м. Харків** \_\_\_\_\_

(найменування закладу вищої освіти (наукової установи), підпорядкування, місто)

Науковий керівник (керівники) **Шкловський Валерій Олександрович** \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові (у разі наявності),

**доктор фізико-математичних наук, професор, професор Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, фізичний факультет,** \_\_\_\_\_

науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, посада)

Здобувач має **2** наукових публікацій за темою дисертації, з них **2** статей у періодичних наукових виданнях інших держав, **0** статей у наукових фахових виданнях України, **0** монографій (зазначити три наукові публікації):

1. Bezuglyj A. I., Shkovskij V. A., Vovk R. V., and Mironenko I. V. Microscopic analysis of heat transfer in I<sub>1</sub>/N/I<sub>2</sub> heterogeneous nanostructures at low temperatures. Low Temperature Physics 2019, T45, C537 DOI.org/10.1063/1.5097364

2. Shklovskij V.A., Bezuglyj A.I., Mironenko I.V. Heat transport in I<sub>1</sub>/FI/I<sub>2</sub> heterogeneous nanostructures

at low temperatures. Phys. Rev. B 2021, 103, 024440 DOI.org/10.1103/PhysRevB.103.024440 3.

У дискусії взяли участь голова і члени разової спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці

**Бойко Ю. І** доктор фізико математичних наук, професор кафедри фізики кристалів Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Зауважень не має:

Питання:

1. Ви назвали такий критичний розмір, 30нм, який обумовлює розмірний ефект металів, це для класичних металів, а у тому випадку коли ви досліджували феромагнітний шар, цей параметр співпадає, чи вони значно відрізняються?
2. Ви використовували термін електронна температура більше детально, кілька слів?

**Опонент Ковалевський М. Ю** доктор фізико математичних наук, професор, провідний науковий співробітник, Інституту теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ).

Зауваження:

1. Слідуючи стопами класиків (Р.Фейнман) хочу відзначити, що хороша робота викликає низку нових питань, які формують подальший розвиток цієї галузі науки. Мені здається, що наведені нижче питання та побажання можуть послужити подальшим напрямкам досліджень.
2. Обчислення ефективного коефіцієнта теплопровідності показало його залежність від розмірного параметра фізичної системи (товщини шару) та використало декартову систему координат.
3. В аналізі процесів теплопередачі ключову роль відіграють фонони і магнони, які не мають галілеєво-інваріантного гамільтоніану.

Питання:

1. Добре відоме рівняння Больцмана чи задовільняє теоремі Больцмана? Чи розглядали ви це питання у вашому фізичному випадку?
2. Чи проводились Вами аналогічні обчислення в іншій (сферичній чи циліндричній) системі координат? Це було б цікаво під час аналізу аналогічних явищ теплопередачі для квантових точок чи дроту.
3. Який вплив на отримані результати матиме облік довільного закону дисперсії цих квазічастинок?

**Опонент Ковальов О.С.** доктор фізико математичних наук, професор, провідний науковий співробітник, Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України.

Зауваження та запитання:

1. У розділі 3 отримані громіздкі формули обговорюються в межах товстих та тонких

металевих плівок. При цьому граничні випадки описуються нерівностями  $d \gg l_{ep}$  та  $d \ll l_{ep}$ . Разом з тим з формул для ефективної теплопровідності шару випливає, що отримана залежність від товщини плівки істотно змінюється при товщинах  $d \sim L \sim kR$ , де  $k$  — коефіцієнт сумарної теплопровідності середовища, а  $R$  — «прозорість» межі, пов'язана зі стрибком Капиці. Видно, що дві характеристики ( $L$  і  $l_{ep}$ ) різні: одна пов'язана з межами розділу, а друга — ні.

2. Яка з двох характеристик є критичною для зміни режиму теплопровідності? Це у дисертації не обговорюється. Немає ні порівняння цих характеристик, ні самого виду  $L$ . (На мою думку,  $L \sim l_i (E_e/T) (E_{ph}/T) (m/M) / \langle \alpha \rangle$ , де  $E_e$  і  $E_{ph}$  — характерні енергії електронів і фононів). Хоча результат (3.29) наведено для великих товщин  $d$ , але його асимптотику при малих  $d$  цікаво порівняти з результатами при малих товщинах (3.33). Вони відрізняються лише чисельним коефіцієнтом, що залежить від ймовірності проходження.
3. Крім цього, не повністю досліджена теплопровідність тонких плівок. Відповідно до (3.33) вона зменшується до нуля при  $d \rightarrow 0$ . Однак очевидно, що при цьому ми приходимо до контакту двох діелектриків і маємо отримувати формулу Літтла. У роботі не наведено порівняння цих результатів, з яких можна знайти ефективну товщину шару між діелектриками у результаті Літтла. Крім того, виникає питання про оцінку справедливості формули (3.33) при зменшенні товщини: на яких розмірах знизу вона втрачає сенс. Це атомний розмір чи ефективна величина  $L_0 \sim l_{ep}$ ?
4. Дослідження, проведені в розділі 4 багато в чому повторюють розрахунки для теплопровідності металевої плівки при заміні її шаром феродіелектрика. При цьому остаточні формули або не змінюються для тонких плівок або змінюються для товстих шарів тільки із заміною електронної теплопровідності на теплопровідність магнонів. Але при цьому, на відміну від розділу 3, вираз для магнонної теплопровідності взагалі не наводиться, хоча вона добре відома (див. «Спинові хвилі» АВП) і в деяких випадках може суттєво перевищувати фононну. Порівняння цих вкладів у загальну теплопровідність не наведено.
5. Крім того, автор підкреслює, що на відміну від електронів, щільність магнонів не фіксована і тому довжина пробігу фононів при зіткненні з магнонами залежить від координати по товщині плівки. Це ускладнює формули, що видно з розрахунків. Проте остаточний результат цього факт не відбиває. Очевидно, має бути якась слабка додаткова залежність від товщини  $d$  остаточної формулі. Оскільки її немає, то треба було пояснити цей факт або малою величиною ефекту із зазначенням малого параметра або відсутності самого впливу зазначеної залежності.
6. У розділі 5 основний, мій погляд, результат полягає у отриманні формули (5.39), але вона теж не повно досліджена, попри свою простоту. Як я вказував, результати дисертації можуть бути використані не тільки для опису теплопровідності у пристроях наноелектроніки, але й при дослідженні теплопередачі в композитних (зокрема, гранульованих) середовищах, що моделюються багат шаровими в роботі. При цьому ефективний коефіцієнт теплопровідності має виражатися у термінах концентрацій компонентів. Легко бачити, що результат автора має вигляд  $k_{eff} = k_T / (C_m + k_T R / h)$ , де  $h$  — розмір комірки та  $C_m$  — концентрація металевої «фази». Ця формула зі зменшенням теплопровідності з концентрацією металу зовсім відрізняється від «наївної» формули, яка не враховує меж і не залежить від  $h$  та зростає з концентрацією металу  $k_{eff}(C_m)$ . Цей аспект результатів не обговорюється.

**Рецензент Рашба Г.І.** кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри теоретичної фізики імені академіка І. М. Ліфшиця; фізичного факультету Харківського національного

університету імені В. Н. Каразіна.

Зауваження та запитання:

1. В тексті дисертації міститься певна кількість граматичних помилок, які не впливають на сприйняття змісту роботи.
2. З метою експериментального підтвердження отриманих здобувачкою результатів бажано було б виконати чисельні оцінки величин теоретично передбачених ефектів для шаруватих наносистем, з якими мають справу експериментатори.
3. Зміст дисертації містить велику кількість аналітичних виразів та громіздких формул. З метою кращого сприйняття читачами матеріалу дисертації бажано було б основні результати здобувачки проілюструвати чисельними розрахунками.
4. Обґрунтуйте вибір та використання саме рівняння Боцмана для розгляду даних гетероструктур?

**Рецензент Єзерська О.В.** кандидат фізико математичних наук, доцент кафедри теоретичної фізики імені академіка І. М. Ліфшиця; фізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Зауваження та запитання:

1. В тексті дисертації міститься певна кількість граматичних помилок, що не впливають на сприйняття змісту роботи.
2. 2.Результати теоретичних розрахунків потребують експериментального підтвердження. Бажано привести результати досліджень, які містять такі дані.
3. 3.Список умовних скорочень треба розширити, оскільки в роботі багато формул та введених в них параметрів.
4. На рис. 1.2 варто було б позначити, які саме криві відповідають різним значенням акустичної прозорості  $\alpha$

Результати відкритого голосування:

"За" 5 членів ради,  
"Проти" 0 членів ради,  
"Утримались" 0 членів ради

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує / відмовляє у присудженні

Мироненко Ірині Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові (у разі наявності) здобувача у давальному відмінку)

ступінь / ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки

(галузь знань)

за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

(код і найменування спеціальності відповідно до Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти)

Голова разової спеціалізованої вченої ради



(підпис)

Юрій БОЙКО

(прізвище, ініціали)