

ВІДГУК

старшого наукового співробітника відділу радіофізики твердого тіла

Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова

Національної академії наук України,

доктора фізико-математичних наук, доцента

Майзеліса Захара Олександровича

на дисертаційну роботу

Багрової Ольги Миколаївни «Електромеханічні явища в нормальних та надпровідних наноструктурах на основі рухомої квантової точки»,

представлену на здобуття

наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки»

Дисертаційна робота Багрової О.М. присвячена детальному теоретичному вивченню квантових ефектів в транспорті електронів у нано-електромеханічних системах, таких як молекулярні транзистори. Також за допомогою як аналітичних, так і чисельних методів теоретичної фізики досліджується динаміка наномеханічних систем, що включають в себе надпровідні елементи.

Структура та основні результати дисертаційної роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертаційної роботи, сформульовані її мета, завдання, наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. Дисертаційна робота складається з 4 основних розділів. **Перший розділ** присвячений огляду літератури за тематикою дисертації. Розглянуто явища, які виникають при тунелюванні електронів в мезоскопічних системах. Зокрема представлено виведення ефекту поляронної блокади при транспорті електронів в молекулярному транзисторі. Представлений аналіз літератури за тематикою ефектів механічної нестійкості в нано-електромеханічних системах.

Три наступні розділи є оригінальними та містять відповідні висновки. В **другому розділі** розглядається одномолекулярний транзистор на основі

квантової точки. Квантова точка пов'язана з електродами за допомогою процесів тунелювання електронів. Також вона здійснює коливання в квазікласичному режимі. Для отримання динаміки такої системи використовується рівняння Ліувілля. Основними результатами розділу є отримання вольт-амперних характеристик такого молекулярного транзистора.

В **третьому розділі** розглядається надпровідна нано-електромеханічна система на основі нанодроту, який підвішено між двома надпровідниками. За рахунок прикладення до надпровідних електродів постійної тягучої напруги, виникає часова залежність фази параметра порядку в результаті нестационарного ефекту Джозефсона. Як наслідок, показана можливість виникнення квантової запутаності між кубітом та станами механічної підсистеми. Динаміка запутаності, що виникає, проаналізована за допомогою обчислення ентропії запутаності.

В **четвертому розділі** розглядається нано-електромеханічна система на основі вуглецевої нанотрубки. Основною її особливістю є виникнення наведеного параметра порядку квантової точки, що постає за рахунок електромеханічного зв'язку на основі квантових ефектів. Динаміка такої системи аналізується як в напівкласичному, так і квантовому режимах. Використовується метод матриці густини. В рамках наближення послідовного електронного тунелювання розглядається рівняння Ліндблада. Показано, що в адіабатичному режимі можливо аналітично знайти рішення в стаціонарному режимі. В механічно нескійкому режимі отримано наявність граничних циклів. На противагу цьому, в механічно стійкому режимі отримано ефект охолодження, що виникає як результат переносу енергії від механічної до електронної підсистеми. Проаналізовано відповідні вігнерівські функції розподілу.

Основні результати роботи стисло сформульовані в розділі **Висновки**.

В цілому, дисертаційна робота написана гарною науковою мовою та послідовно.

Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи в опублікованих наукових працях.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 4 наукових виданнях (індексованих в SCOPUS на Web of Science), а також представлені на 7 міжнародних конференціях.

Обсяг опублікованих праць та їх кількість відповідають встановленим вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 – «Фізика та астрономія».

Зауваження до дисертаційної роботи:

- 1) В другому розділі отримано систему рівнянь для Фур'є гармонік редукованої матриці густини. Далі, для обчислення вольт-амперних характеристик знехтувано старшими гармоніками. В якій області основних параметрів задачі дане наближення залишається вірним?
- 2) В другому розділі при розгляді електронного транспорту через одномолекулярний транзистор не приймається до уваги затухання, пов'язане зі взаємодією механічної підсистеми з її оточенням. Чи вплине воно та як саме на отримані вольт-амперні характеристики?
- 3) В третьому розділі динаміка заплутаності системи аналізується за допомогою ентропії заплутаності. Водночас це не єдина характеристика заплутаності, яку використовують для такого аналізу (так звані «монотони» заплутаності). Чи не зміняться зроблені висновки про її динаміку, якщо використовувати інші «монотони» заплутаності?

Однак, слід вказати, що зазначені зауваження жодним чином не впливають на якість отриманих результатів дисертаційної роботи і на обґрунтованість висновків.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота О.М. Багрової «Електромеханічні явища в нормальних та надпровідних наноструктурах на основі рухомої квантової точки»

є оригіальною, самостійною, завершеною науковою працею. Таким чином, дисертаційна робота Багрової О.М. повністю відповідає спеціальності 104 — «Фізика та астрономія», а її автор Багрова О. М. заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» з галузі знань 10 — «Природничі науки».

06.07.2023.

Офіційний опонент:
старший науковий співробітник
відділу радіофізики твердого тіла
Інституту радіофізики та
електроніки ім. О. Я. Усикова
Національної академії наук України,
доктор фізико-математичних наук,
доцент

«Підпис З.О. Майзеліса засвідчую.»

В.о. ученого секретаря ІРЕ ім. О.Я. Усикова
НАН України,
кандидат фіз.-мат. наук



З.О. Майзеліс

О.В. Кривенко