

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

Доктора фізико-математичних наук, головного наукового співробітника відділу
теоретичної фізики ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України, професора, члена-
кореспондента НАН України

ЯМПОЛЬСЬКОГО Валерія Олександровича

на дисертаційну роботу

ІВАХНЕНКА Олега Володимировича

на тему

**«Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих
системах»**

на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 104 «фізика та астрономія», галузь знань 10 «природничі науки».

Актуальність обраної теми.

Дисертаційна робота О.В. Івахненко присвячена детальному теоретичному вивченню динаміки неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах, таких як кубіти, наномеханічні осцилятори, мем'ємності. Можна відмітити, що дисертант ставить та вирішує широкий спектр задач, пов'язаних з динамікою різноманітних дворівневих систем, та отримує багато цікавих результатів.

Дворівнева система — одна з базових моделей в квантовій механіці. Вона представлена у вигляді безлічі реалізацій як в природніх, так і рукотворних квантових системах і, не дивлячись на те, що дворівневі системи почали вивчати майже 100 років тому, ця проблематика все ще є актуальною. Особливо в останні роки, у зв'язку з розвитком квантових технологій, які потребують більш глибокого розуміння динаміки дворівневих систем, що являють собою основу для квантових технології, таких як квантові обчислення, квантова криптографія, квантові детектори та ін.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Узагальнено знання про динаміку квантових дворівневих систем — кубітів, та досліджено багато властивостей такої динаміки

2. Показана можливість використання множинних переходів Ландау-Зінера-Штукельберга-Майорани для керування станом кубіту
3. За допомогою наближення хвилі, що обертається, та теорії динаміки «одягненого» кубіту успішно описано експеримент зі збудження кубіту типу трансмон, приєднаного до напівнескінченної лінії передач.
4. Продемонстрована незвична аналогія, коли система двох зв'язаних осциляторів може описувати динаміку заселеності кубіту, та показана відповідність параметрів для класичної та квантової системи. Чисельно отримано інтерферограми на класичній системі двох зв'язаних осциляторів, які співпадають з інтерферограмами для кубітів отриманих як теоретично, так і експериментально.
5. Описано неадіабатичний перехід стиснутої випуклої мембрани в рамках теорії пружності, яка може використовуватись як одна з обкладок ємності з пам'яттю. Так показано, що для знаходження мінімальної порогової сили для перемикання достатньо використовувати лише дві власних моди.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати досліджень, представлених в цій дисертаційній роботі, поглиблюють, розширюють та узагальнюють знання з динаміки як квантових, так і класичних дворівневних систем та розглядають багато різних аспектів динаміки таких систем. Оскільки кубіти наразі є основними елементарними об'єктами сучасних квантових технологій, то більш детальне розуміння їх динаміки під дією збудження може бути використане для вдосконалення квантових технологій, зокрема квантових обчислень. Динаміка переходів між рівнями, що була досліджена для класичних систем, може бути використана для опису таких мезоскопічних пристроїв, як мем'ємність та нано-електро-механічні резонатори.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та їх достовірність.

Високий рівень обґрунтованості наукових положень та висновків, сформульованих в дисертації, та їх достовірність забезпечені строгістю і коректністю математичних постановок задач. Дослідження базуються на сучасних теоретичних

підходах і методах, результати чисельного моделювання співпадають в граничних випадках з аналітичними та експериментальними результатами.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

Результати наукових досліджень, отриманих в дисертації, опубліковано в 4 статтях в виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах SCOPUS та Web of Science. Більш того, усі чотири статті опубліковані в журналах квартилю Q_1 , таких як Physical reports, Scientific reports, Physical review B, чого більш ніж достатньо для дисертаційної роботи доктора філософії згідно встановленим вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 — «Фізика та астрономія». Всі статті у співавторстві, і я хочу підкреслити, що у двох статтях дисертант — перший автор, та другий автор у двох інших. З дисертації, та з публікацій є очевидним, що особистий вклад дисертанта в ці роботи є вирішальним.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В розділі 2 дисертації розглядається теорія переходів Ландау-Зінера-Штукельберга-Майорани без врахування взаємодії з навколишнім середовищем. Наскільки гарно така теорія може описувати реальні системи? Звідки тоді береться час релаксації у підрозділі 2.2.1?
2. Ст. 62 рис. 2.6 Чому при старті з суперпозиційного стану деструктивна інтерференція не приводить до нульової заселеності збудженого рівня? Зазвичай деструктивна інтерференція повинна приводити до нульової заселеності верхнього рівня після його початкового збудження, як це було показано на рис. 3.2 в розділі про періодичне збудження.
3. В розділі 5 усереднений за часом коефіцієнт відбиття кубіту типу трансмон, приєднаного до напівнескінченної лінії передач, відповідає усереднений за часом заселеності верхнього енергетичного рівня кубіту. Яким чином коефіцієнт відбиття виявився пропорційним заселеності збудженого рівня кубіту?

Загальна оцінка та висновок.

Дисертаційна робота О.В. Івахненка «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах» є оригінальною, самостійною та завершеною науковою роботою. Таким чином, дисертаційна робота Івахненка О.В. повністю відповідає спеціальності 104 — «Фізика та астрономія», а її автор Івахненко О. В. заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — «Фізика та астрономія» в галузі знань 10 — «Природничі науки».

Опонент:

Головний науковий співробітник відділу теоретичної фізики

ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України,

доктор фізико-математичних наук, професор,

член-кореспондент НАН України,



В.О. Ямпольський

Підпис головного наукового співробітника ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України
Ямпольського В. О. засвідчую

В.о. вченого секретаря ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України,

кандидат фіз.-мат. наук



О.В. Кривенко