

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

чл. Кор. НАН України



Ю. Г. Найдюк

«19» липня 2023 р.

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії з
галузі знань 10 «Природничі науки»
за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»
ІВАХНЕНКА Олега Володимировича
«ДИНАМІКА НЕАДІАБАТИЧНИХ ПЕРЕХОДІВ В
КВАНТОВИХ ТА КЛАСИЧНИХ ДВОРІВНЕВИХ СИСТЕМАХ»**

Витяг з протоколу № 227

від 13 червня 2023 р.

**фахового семінару-спільного засідання Наукової Ради з проблеми
«Теоретична фізика конденсованого стану» Фізико-технічного інституту
низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
та відділу надпровідних і мезоскопічних структур
Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна
Національної академії наук України**

Головує – Голова Наукової ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики, доктор фіз.-мат. наук, професор Ковальов О.С.

Секретар - учений секретар Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, кандидат фіз.-мат. наук, наук. співр. відділу теоретичної фізики Ільїнська О.О.

Присутні члени Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, наукові співробітники відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ

**ім. Б.І. Веркіна НАН України, фахівці та аспіранти ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна
НАН України, ННЦ ХФТІ НАН України, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, НТУ ХПІ:**

- Богдан Михайло Михайлович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Звягін Андрій Анатолійович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу відділ математичної фізики
- Ковальов Олександр Семенович, голова Ради, д.ф.-м.н., професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Гречнев Геннадій Євгенович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу магнітних і пружних властивостей твердих тіл
- Колесніченко Юрій Олексійович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу мікроконтактної спектроскопії
- Микитик Григорій Петрович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Монарха Юрій Петрович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Сиркін Євген Соломонович, д.ф.-м.н., професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Славін Віктор Валерійович, д.ф.-м.н., с.н.с., завідувач відділу теоретичної фізики
- Шевченко Сергій Іванович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Піщанський Валентин Григорович, д.ф.-м.н., професор
- Чишко Костянтин Олексійович, д.ф.-м.н., доцент, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Шевченко Сергій Миколайович, д.ф.-м.н., с.н.с., завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Нацик Василь Дмитрович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу фізики фізики реальних кристалів
- Фрейман Юрій Олександрович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу математичної фізики
- Пастур Леонід Андрійович, академік НАН України, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Золочевський Іван Васильович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу мікроконтактної спектроскопії
- Сотніков Андрій Геннадійович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу статистичної фізики та квантової теорії поля ННЦ ХФТІ НАН України

- Бондаренко Станіслав Іванович, д.т.н., професор, провідний науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Ільїнська Ольга Олександрівна, секретар Ради, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Багрова Ольга Миколаївна, молодший співробітник відділу теоретичної фізики
- Константинов Олександр Михайлович, к.ф.-м.н., молодший науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Кулініч Сергій Іванович, к.ф.-м.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Лаптев Денис Володимирович, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Манжелій Олена Вадимівна, к.ф.-м.н., с.д., старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Чаркіна Оксана Вікторівна, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Шарлай Юрій Васильович, к.ф.-м.н., старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Федорченко Олексій Віталійович, к.ф.-м.н., завідувач відділу магнітних і пружних властивостей твердих тіл
- Бенгус Сергій Володимирович, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Журавель Олександр Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Коверя Валентин Петрович, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Сиваков Олександр Георгійович, к.ф.-м.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Турутанов Олег Георгійович, к.ф.-м.н., с.д., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Юзефович Ольга Ігорівна, к.ф.-м.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Єзерська Олена Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент, кафедри імені академіка І.М.Ліфшиця ХНУ ім. В.Н. Каразіна.
- Ковтун Олена Олександрівна, к.ф.-м.н., НТУ «ХП»
- Гордієнко Едуард Юрійович, к.т.н., науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Ляхно Валерій Юрійович, к.т.н., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур

- Шустакова Галина Володимирівна, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Кревсун Олександр Вікторович, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Михайлов Михайло Юрійович, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Похила Андрій Степанович, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Колінько Олександра Євгенівна, провідний інженер відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Булахов Микита Сергійович, молодший науковий співробітник, відділ статистичної фізики та квантової теорії поля ННЦ ХФТІ НАН України, аспірант ХНУ ім. В. Н. Каразіна
- Лега Олександр Олександрович, аспірант відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Троцький Євгеній Миколайович, аспірант відділу теоретичної фізики
- Рижов Артем Ігорович, аспірант відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Кофман Поліна Олегівна, студентка ХНУ ім. В.Н. Каразіна.

Усього: докторів наук – 20, кандидатів наук – 18, без наукового ступеня – 11. У тому числі фахівців із галузі науки, що відноситься до спеціальності дисертації: докторів наук – 17, кандидатів наук – 13, без наукового ступеня – 6. Присутні 17 з 23 членів Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України та 14 з 17 наукових співробітників відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України.

СЛУХАЛИ:

Апробацію дисертації «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах» аспіранта ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України Олега Володимировича ІВАХНЕНКА, який виступила з науковою доповіддю та представив основні наукові результати дисертації.

У доповіді Олег Івахненко обґрунтував актуальність теми, сформулював мету і завдання дослідження, його наукову новизну, практичну і теоретичну значимість, розповів зміст і структуру роботи, його основні результати і методи їх отримання, підсумував доповідь висновками.

В обговоренні взяли участь:

- **науковий керівник**, завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур, с.н.с., доктор фіз.-мат. наук Шевченко С.М. (*виступ позитивний*).
- завідувач відділу теоретичної фізики, доктор фіз.-мат. наук, ст. наук. співр. Славін В.В. (*виступ позитивний*);
- старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики, с.н.с., кандидат фіз.-мат. наук Кулініч С.І. (*виступ позитивний*).

Також ставили запитання та прийняли участь в обговоренні роботи:

- доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., п.н.с. Богдан М.М.;
- доктор фіз.-мат. наук, проф., п.н.с. Ковальов О.С.;
- доктор фіз.-мат. наук, проф., г.н.с. Звягін А.А.;
- доктор фіз.-мат. наук, с.н.с., п.н.с. Монарха Ю.П.

На всі поставлені питання доповідач надав ґрунтовні відповіді. Виступаючі відмітили актуальність теми дослідження, новизну та значну наукову цінність отриманих результатів і зазначили, що робота виконана самостійно і відповідає всім вимогам на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

На підставі доповіді здобувача, відповідей на запитання учасників фахового семінару, наукової дискусії та обговорення дисертації учасниками фахового семінару, спільне зібрання дійшло **ВИСНОВКУ**:

1. Дисертація Олега Володимировича ІВАХНЕНКА «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах», що подається на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» є цілісною та завершеною науковою працею теоретичного характеру на актуальну тему, виконаною на високому рівні.

Дисертацію підготовлено у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України.

Тему дисертаційної роботи О.В. Івахненко було затверджено на засіданні Вченої ради ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України від 12 грудня 2019 року (протокол № 11).

Науковим керівником О. В. Івахненко був призначений завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, доктор фіз.-мат. наук, С.М. Шевченка (наказ директора ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України від 17.09. 2019 р. № 103-ОД).

Дослідження, які склали основу дисертаційної роботи, проводились в рамках тематичного плану ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України за науково-дослідними роботами відомчої тематики: «Надпровідні і мезоскопічні мікроструктури та прилади сучасної квантової електроніки на їх основі» (номер державної

реєстрації 0117U002291, шифр 1.4.10.16.14, термін виконання 2017 – 2021 рр.), «Квантові нано-розмірні надпровідні системи: теорія, експеримент, практична реалізація» (номер державної реєстрації 0122U001503, шифр 1.4.10.16.15, термін виконання 2022 – 2026 рр.).

Частина дисертаційної роботи була виконана в рамках наукового стажування за програмою академічної мобільності, що виконувалась згідно Угоді про міжнародне співробітництво Фізико-технічним інститутом низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України, м. Харків, Україна та Інститутом фізико-хімічних досліджень (RIKEN), м. Вако, Японія, де О.В. Івахненко проходив наукове стажування за підтримки проєктів «Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions for interferometry and quantum control» (International program associate (IPA)) та «Quantum logic gates based on Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions» (International program associate (IPA)).

Частина дисертаційної роботи була виконана за підтримки гранту ARO, США, в рамках проєкту «Квантові системи під дією збудження: фізика Ландау-Зінера-Штукельберга-Майорани» під керівництвом Шевченка С. М., (реєстраційний номер W911NF2010261, термін виконання 2020-2023 рр.)

Частина дисертаційної роботи була виконана за підтримки гранту Президента України, в рамках проєкту «Дослідження актуальних систем квантової інженерії на основі квантових бітів» під керівництвом Шевченка С. М., (реєстраційний номер 0119U103164, термін виконання 2019 р.)

Частина дисертаційної роботи була виконана за підтримки гранту Президента України, в рамках проєкту «Транспортні, динамічні та інтерференційні ефекти в мезоскопічних системах» під керівництвом Шевченка С. М., (реєстраційний номер 0116U006535, термін виконання 2017 р.)

Частина дисертаційної роботи була виконана за підтримки Цільової програми фундаментальних досліджень НАН України «Перспективні фундаментальні дослідження та інноваційні розробки наноматеріалів і нанотехнологій для потреб промисловості, охорони здоров'я та сільського господарства», в рамках проєкту «Розробка та дослідження перспективних наноструктурованих об'єктів для квантової інженерії» під керівництвом Шевченка С. М., (реєстраційний номер 0121U109286, термін виконання 2020-2024 р.)

2. Актуальність теми дослідження.

Дворівнева система (ДРС) є однією з базових моделей у квантовій фізиці і описує явища, які повсюдно поширені в природі. З одного боку, це найпростіша непроста задача квантової механіки, з іншого боку, вона є основою квантових технологій, де ДРС використовується в якості кубіту (квантового біту).

З часів піонерських робіт Ландау, Зінера, Штукельберга і Майорани (ЛЗШМ) було відомо, що збудження квантової дворівневої системи призводить до тунелювання між її станами. Незважаючи на те, що інтерференція між цими переходами є важливою, лише нещодавно вона стала доступною, контрольованою і корисною для маніпулювання у все зростаючій кількості квантових систем.

Якщо квантова система збуджується залежним від часу сигналом, вона демонструє різноманітні цікаві та важливі явища. Системи, поведінку яких можна описати за допомогою моделі дворівневої системи дуже різні за своїм фізичним походженням, оскільки об'єкти дослідження можуть бути мікроскопічними (електронні або ядерні спіни, фотони, атоми), мезоскопічними (надпровідні кубіти, квантові точки, графенові структури) або макроскопічними (механічні або електричні резонатори).

Перехід Ландау-Зінера-Штукельберга-Майорани має багато різних властивостей, від самих основ до релаксації, динаміки, періодичного збудження та інтерферометрії, а також багато різних підходів та наближень до цієї проблеми. Застосовність аналітичних розв'язків можна перевірити чисельним розв'язанням рівнянь Шредінгера, Ліндблада і Блоха.

Аналоги переходу ЛЗШМ в класичній фізиці є доволі цікавим випадком, коли теорія, що була створена для квантових систем, успішно може застосовуватись для опису класичних систем.

Процес перескоку між двома стабільними станами вигнутої, стиснутої з боків мембрани представляє собою інтерес в контексті вивчення основи для створення електромеханічних елементів пам'яті, зокрема конденсатора з ефектом пам'яті - мем'ємності.

Описане вище коло невирішених питань, що стосуються дослідження дворівневих систем, їх динаміки та інтерференції, визначає *актуальність* теми дослідження даної дисертаційної роботи.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна.

У дисертаційній роботі вперше отримані наступні результати:

- отримано спрощену типову тривалість динаміки перехідного процесу для ЛЗШМ переходу;
- вивчено перехід, що зберігає заселеність, де ймовірність заселеності рівнів може бути постійною, незважаючи на збудження;
- отримано та описано аналог частоти Рабі в адіабатично-імпульсній моделі;
- продемонстровано, що нахил Фур'є-образу інтерферограми пропорційний часу декогеренції;

- отримано більш точну формулу для усередненої за часом ймовірності зайнятості верхнього рівня в адіабатично-імпульсній моделі в діабатичному базисі;
- порівняно різні методи для опису багаторазових ЛЗШМ переходів за областю їх застосування та за відносною обчислювальною потужністю;
- продемонстровано альтернативний спосіб маніпулювання станом кубіта з множинними переходами ЛЗШМ з використанням теорії АІМ, та показано, що ЛЗШМ переходи дозволяють отримати надшвидкі однокубітні логічні операції;
- теоретично отримано затухаючі осциляції Рабі та на класичній системі;
- теоретично отримано інтерферометрію ДРС (прямокутна модуляція, усереднення по руху, ЛЗШМ інтерферометрія) на класичній системі;
- продемонстровано принципову різницю між квантовою та класичною системами на прикладі одноразового проходження ЛЗШМ;
- удосконалено теорію вигнутої та стиснутої з боків мембрани для великих ступенів вигину;
- теоретично отримано порогове зусилля для переходів "вгору-вниз" і "вниз-вгору" для вигнутої мембрани та розраховано динаміку переходу, з динаміки виявлено, що асиметричний перехід призводить до меншого порогового зусилля.
- показано, що порогова сила для несиметричного переходу вигнутої стиснутої мембрани розрахована в рамках теорії пружності добре співпадає з розрахунками за допомогою інших теорій та чисельного розрахунку молекулярної динаміки.

4. Достовірність результатів та обґрунтованість положень і висновків дисертаційної роботи.

Наукові положення, що виносяться на захист, строго обґрунтовані та добре узгоджуються із сучасними теоретичними уявленнями, а їх достовірність забезпечується високим рівнем проведених теоретичних розрахунків та тісним зв'язком із сучасними експериментальними дослідженнями у цій галузі. Здобувач особливу увагу приділив перевірці всіх теоретичних результатів з чисельними розрахунками та розробці можливих шляхів застосування розглянутих теоретично ефектів.

Загалом, наукові положення, що виносяться на захист, логічним чином витікають із матеріалів, викладених в дисертації, які пройшли незалежне рецензування та опубліковані у наукових фахових журналах, які включено до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus, тому їх

достовірність не викликає сумнівів.

Всі основні результати дисертації та їх інтерпретація неодноразово обговорювалися на вітчизняних і міжнародних наукових конференціях і семінарах у кількох наукових центрах.

5. Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації.

Основні положення дисертації опубліковано в **сімнадцяти** наукових працях, серед яких **чотири** статті у міжнародних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science) і відноситься до квартилю Q1. Також результати дисертації додатково відображені у **тринадцяти** тезах конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

*публікації у міжнародних виданнях,
що входять до міжнародних наукометричних баз:*

1. **O. V. Ivakhnenko**, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, Simulating quantum dynamical phenomena using classical oscillators: Landau-Zener-Stückelberg-Majorana interferometry, Sci. Rep. **8**, 12218, (2018), DOI: [10.1038/s41598-018-28993-8](https://doi.org/10.1038/s41598-018-28993-8) (Scopus, квартиль **Q1**)
2. R. D. Yamaletdinov, **O. V. Ivakhnenko**, O. V. Sedelnikova, S. N. Shevchenko, Y. V. Pershin, Snap-through transition of buckled graphene membranes for memcapacitor applications, Sci. Rep., **8**, 3566, (2018), DOI: [10.1038/s41598-018-21205-3](https://doi.org/10.1038/s41598-018-21205-3) (Scopus, квартиль **Q1**)
3. P. Y. Wen, **O. V. Ivakhnenko**, M. A. Nakonechnyi, B. Suri, J.-J. Lin, W.-J. Lin, J. C. Chen, S. N. Shevchenko, Franco Nori, I.-C. Hoi, Landau-Zener-Stückelberg-Majorana interferometry of a superconducting qubit in front of a mirror, Phys. Rev. B, **102**, 075448 (2020), DOI: [10.1103/physrevb.102.075448](https://doi.org/10.1103/physrevb.102.075448) (Scopus, квартиль **Q1**)
4. **Oleh V. Ivakhnenko**, Sergey N. Shevchenko, Franco Nori, Nonadiabatic Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions, dynamics, and interference, Phys. Rep., **995**, 1-89 (2022), DOI: [10.1016/j.physrep.2022.10.002](https://doi.org/10.1016/j.physrep.2022.10.002) (Scopus, квартиль **Q1**)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, "Simulating quantum dynamical phenomena using classical oscillators", International school & conference on nanoscience and quantum transport ([nanoQT-2016](#)), 8-14 October, 2016, Kyiv, Ukraine, Poster, (2016).

6. *O.V. Ivakhnenko*, and S.N. Shevchenko, "Interferometry with nanomechanical resonator", Student conference on Applied Physics "Actual problems of modern physics", 25 Nov, 2016, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 21 (2016).
7. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, R. D. Yamaletdinov, and Y. V. Pershin, "Dynamics of a membrane for creation of a memcapacitance", VIII International Conference for Professionals & Young Scientists low temperature physics (ICPYS-LTP2017), 29 May-2 June, 2017, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 147 (2017).
8. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, R. D. Yamaletdinov, and Y. V. Pershin, "Elastic dynamics of the membrane to create the memcapacitors", Student conference on Applied Physics "Actual problems of modern physics", 24 Nov, 2017, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 31 (2017).
9. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Landau-Zener-Stückelberg-Majorana interferometry, latching modulation, and motional averaging – dynamical quantum phenomena simulated by coupled classical oscillators", IX International Conference for Professionals & Young Scientists low temperature physics (ICPYS-LTP2018), 4-8 June, 2018, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 183 (2018).
10. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Qubit and coupled mechanical resonators, similarities and differences of behaviour", International School and Symposium on Nanoscale Transport and photonics 2019 (ISNTT2019), 18-22 November, 2019, Atsugi, Japan. , (2019).
11. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Comparison of approaches for description of driven qubits", International Advanced Study Conference «Condensed Matter and Low Temperature Physics 2020», (CM<P 2020), 8-14 June, 2020, Kharkiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 167 (2020).
12. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Occupation-conservation transition in a quantum two-level system", XI Conference of Young Scientists "Problems of Theoretical Physics", 21-23 December, 2020, Kyiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 23 (2020).
13. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Simulating quantum dynamical phenomena using classical oscillators", American Physics Society

March meeting 2021 (APS March meeting 2021), 15-19 March, 2021, Online, USA, Abstracts, p. P31.003 (2021).

14. *O.V. Ivakhnenko* and S. N. Shevchenko and Franco Nori, "Ultrafast Landau-Zener-Stückelberg-Majorana (LZSM) gates", International Symposium on Novel maTerials and quantum Technologies ISNTT2021), 14-17 November, 2021, Atsugi, Japan, (Online) (2021).
15. *O.V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Landau-Zener-Stuckelberg-Majorana transitions for interferometry and quantum control", American Physics Society March meeting 2022" (APS March meeting 2022), 14-18 March, 2022, Chicago, USA, (Online), Abstracts, p. Q38.00010 (2022).
16. *O. V. Ivakhnenko*, A. I. Ryzhov, S. N. Shevchenko, M. F. Gonzalez-Zalba, and Franco Nori, "Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions for fast quantum logic gates", 29th International Conference on low temperature physics" (LT29), 18-24 August, 2022, Sapporo, Japan, (Online), Abstracts, p. P20-SF4-24 (2022).
17. *O. V. Ivakhnenko*, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, "Nonadiabatic Landau-Zener-Stuckelberg-Majorana transitions dynamics, and interference", American Physics Society March meeting 2023 (APS March meeting 2023), 20-22 March, 2023, Los-Angeles, USA, Online, Abstracts, p. UU05.00006 (2023).

Результати дисертаційної роботи повністю відображено у публікаціях. Постановка задач, розглянутих у статтях 1-4 належать науковим керівникам. Усі результати, включені до дисертації, були отримані автором особисто, з використанням консультацій наукового керівника за необхідністю. Дисертаційна робота не містить елементів плагіату.

6. Апробація матеріалів дисертації.

Отримані у дисертаційній роботі результати обговорювалися та доповідалися на наступних міжнародних конференціях та семінарах:

1. Міжнародна школа та конференція з нанонауки та квантового транспорту (nanoQT-2016), 8-14 жовтня, 2016, Київ, Україна.
2. Студентська конференція з прикладної фізики "Актуальні проблеми сучасної фізики", 25 листопада, 2016, Харків, Україна.
3. VIII Міжнародна конференція для фахівців та молодих вчених з фізики низьких температур (ICPYS-LTP2017), 29 травня-2 червня, 2017, Харків, Україна.

4. Студентська конференція з прикладної фізики "Актуальні проблеми сучасної фізики", 24 листопада 2017 р., Харків, Україна.
5. IX Міжнародна конференція для фахівців та молодих вчених "Фізика низьких температур" (ICPYS-LTP2018), 4-8 червня 2018 р., Харків, Україна.
6. Міжнародна школа та симпозиум з нанорозмірного транспорту та фононіки 2019 (ISNTT2019), 18-22 листопада 2019 р., м. Ацугі, Японія
7. Міжнародна наукова конференція "Фізика конденсованих систем і низьких температур 2020", (SM<P 2020), 8-14 червня, 2020, Харків, Україна (онлайн)
8. XI Конференція молодих вчених "Проблеми теоретичної фізики", 21-23 грудня, 2020, Київ, Україна (онлайн).
9. Березнева зустріч Американського фізичного товариства 2021 (APS March meeting), 15-19 березня, 2021, Онлайн, США
10. Міжнародний симпозиум з нових матеріалів та квантових технологій (ISNTT2021), 14-17 листопада, 2021, Ацугі, Японія (онлайн)
11. Березнева зустріч Американського фізичного товариства 2022 (APS March meeting), 14-18 березня, 2022, Чикаго, США (онлайн)
12. 29-та Міжнародна конференція з низькотемпературної фізики" (LT29), 18-24 серпня, 2022, Саппоро, Японія (онлайн)
13. Березнева зустріч Американського фізичного товариства 2023 (APS March meeting), 20-22 березня, 2023, Лос-Анджелес, США (онлайн)

7. Практичне та теоретичне значення дисертації.

Отримані результати можуть бути використані в сучасній квантовій науці для кращого розуміння динаміки квантових систем, що може бути використано для вдосконалення квантових технологій, таких як квантові обчислення, квантові комунікації, квантова криптографія, квантові детектори та інші застосування квантових технологій. Дворівневі системи зустрічаються в природі повсюдно, тому багато абсолютно різних систем і явищ можна описати за допомогою теорії кубітної динаміки, яка є однією з базових теорій квантової механіки.

Також досліджено, як класичні дворівневі системи можуть бути використані для створення нових мезоскопічних електромеханічних пристроїв, таких як мем'єрність або нано-електро-механічні резонатори.

УХВАЛИЛИ:

1. Розглянувши дисертацію та наукові публікації, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, а також за результатами фахового семінару-спільного засідання Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України та відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, прийнято рішення, що дисертаційна робота Івахненка Олега Володимировича «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, є завершеною науковою працею, складає вагомий внесок у розвиток теорії динамічних явищ у мікроскопічних та мезоскопічних структурах, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп.7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами від 21 березня 2022 р. № 341 та відповідає напряму наукового дослідження освітньо-наукової програми «Фізика» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія». Дисертація містить обґрунтовані висновки на основі одержаних здобувачем достовірних результатів, характеризується єдністю змісту та відповідає принципам академічної доброчесності.
2. На підставі попередньої експертизи дисертаційної роботи, доповіді здобувача, запитань присутніх і відповідей здобувача, обговорення учасниками засідання основних положень дисертації та виступів наукового керівника і рецензентів, ухвалити **висновок** про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Івахненка Олега Володимировича «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія».
3. Враховуючи високий рівень виконаних досліджень, а також наукову новизну результатів, їх теоретичне та практичне значення, **рекомендувати** дисертаційну роботу Івахненка Олега Володимировича «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах», до **офіційного захисту на здобуття ступеня доктора філософії** зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія».

Результати голосування щодо рекомендацій до захисту дисертації Івахненка Олега Володимировича «Динаміка неадіабатичних переходів в квантових та класичних дворівневих системах» на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» (у голосуванні брали участь члени Наукової ради «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України та співробітники наукового відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України):

«За» - 31

«Проти» - 0

«Утримались» - 0

Головуючий на засіданні
Голова Наукової ради з проблеми
«Теоретична фізика конденсованого стану»
ФТІНТ ім. Б. І. Веркіна НАН України
доктор фіз.-мат. наук, професор,
провідний науковий співробітник відділу
теоретичної фізики
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України



Ковальов О.С.