

ЗАТВЕРДЖУЮ

ТВО директора

ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

Д.Ф.-м.н., проф. _____

О. В. Долбин

«25» жовтня 2024 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»**

Рижова Артема Ігоровича

**«ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ ЛАНДАУ-ЗІНЕРА-
ШТЮКЕЛЬБЕРГА-МАЙОРАНИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ
КВАНТОВИХ СИСТЕМ»**

Витяг з протоколу № 246

від 15 жовтня 2024 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, доктор фіз.-мат. наук, професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики Ковальов О.С.

Секретар - вчений секретар Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, кандидат фіз.-мат. наук, науковий співробітник 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:

- Богдан Михайло Михайлович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Бондаренко Станіслав Іванович, д.т.н., професор, провідний науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Гречнев Геннадій Євгенович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу магнітних і пружних властивостей твердих тіл
- Звягін Андрій Анатолійович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу математичної фізики
- Ільїнська Ольга Олександрівна, секретар Ради, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Ковальов Олександр Семенович, голова Ради, д.ф.-м.н., професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- 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
- Нацик Василь Дмитрович, д.ф.-м.н., професор, головний науковий співробітник відділу фізики реальних кристалів
- Пастур Леонід Андрійович, академік НАН України, д.ф.-м.н., професор, головний 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
- Сотніков Андрій Геннадійович, д.ф.-м.н., с.н.с., провідний науковий співробітник відділу статистичної фізики та квантової теорії поля ННЦ «ХФТІ» НАН України

- Чишко Костянтин Олексійович, д.ф.-м.н., доцент, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Шевченко Сергій Іванович, д.ф.-м.н., проф., провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- Шевченко Сергій Миколайович, д.ф.-м.н., професор, завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Багрова Ольга Миколаївна, д.ф., молодший співробітник відділу теоретичної фізики
- Бенгус Сергій Володимирович, к.ф.-м.н., науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Гордієнко Едуард Юрійович, к.т.н., науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Єзерська Олена Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент, кафедри теоретичної фізики ім. ак. І.М.Ліфшиця ХНУ ім. В.Н. Каразіна
- Коверя Валентин Петрович, к.ф.-м.н., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Константинов Олександр Михайлович, к.ф.-м.н., 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
- Люль Максим Петрович, д.ф., молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Ляхно Валерій Юрійович, к.т.н., с.д., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Манжелій Олена Вадимівна, к.ф.-м.н., с.д., старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики
- 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
- 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
- Юзефович Ольга Ігорівна, к.ф.-м.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Колінько Олександра Євгенівна, провідний інженер відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Кревсун Олександр Вікторович, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Похила Андрій Степанович, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Шустакова Галина Володимирівна, молодший науковий співробітник відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Кофман Поліна Олегівна, аспірант відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Лега Олександр Олександрович, аспірант відділу надпровідних і мезоскопічних структур
- Троцький Євгеній Миколайович, аспірант відділу теоретичної фізики

Усього: докторів наук – 16, кандидатів наук/докторів філософії – 17, без наукового ступеня – 7. У тому числі фахівців із галузі науки, що відноситься до спеціальності дисертації: докторів наук – 15, кандидатів наук/докторів філософії – 15, без наукового ступеня – 5. Присутні 15 з 17 членів Наукової Ради з проблеми «Теоретична фізика конденсованого стану» ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України та 14 з 16 наукових співробітників відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України.

СЛУХАЛИ:

Апробацію дисертації «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем» аспіранта ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України Рижова Артема Ігоровича, який виступив з науковою доповіддю та представив основні наукові результати дисертації.

У доповіді Артем Рижов 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:

- доктор фіз.-мат.наук, професор, головний науковий співробітник відділу мікроконтактної спектроскопії Колесніченко Юрій Олексійович (*виступ позитивний*).
- доктор фіз.-мат.наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу теоретичної фізики Славін Віктор Валерійович (*виступ позитивний*);
- кандидат фіз.-мат. наук, молодший науковий співробітник відділу теоретичної фізики Константинов Олександр Михайлович (*виступ позитивний*);
- доктор фіз.-мат.наук, професор, провідний науковий співробітник відділу теоретичної фізики Ковальов Олександр Семенович (*виступ позитивний*);
- кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник відділу теоретичної фізики Кулініч Сергій Іванович (*виступ позитивний*);
- науковий керівник, доктор фіз.-мат. наук, професор, завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур Шевченко Сергій Миколайович (*виступ позитивний*);

Також ставили запитання та прийняли участь в обговоренні роботи:

- доктор фіз.-мат.наук, проф., г.н.с. Звягін А.А.;
- кандидат фіз.-мат. наук, с.д., с.н.с. Турутанов О.Г.

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 Рижова Артема Ігоровича «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем», 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 виконано у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України.

Тема дисертаційної роботи А.І. Ригова була затверджена на засіданні Вченої ради ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України від 15 грудня 2020 року (протокол № 11) та уточнена рішенням Вченої ради ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України від 13 березня 2024 року (протокол № 2).

Науковим керівником А.І. Ригова був призначений завідувач відділу надпровідних і мезоскопічних структур ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор Шевченко Сергій Миколайович (наказ директора ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України від 22.09.2020 р. № 113-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» (реєстраційний номер 0117U002291, термін виконання 2017-2021 рр.), «Квантові нано-розмірні надпровідні системи: теорія, експеримент, практична реалізація» (реєстраційний номер 0122U001503, термін виконання 2022-2026 рр.). Частина дисертаційної роботи виконано в лабораторії теоретичної квантової фізики, Інституту фізико-хімічних досліджень (RIKEN), м. Вако, Японія, в рамках проєктів «Високочастотна квантова інтерферометрія для багаторівневих систем» (International program associate IPA) та «Неадіабатичні квантові логічні операції» (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-Штюкельберга-Майорани" (реєстраційний номер W911NF2010261, термін виконання 2020-2023 рр.).

2. Актуальність теми дослідження.

Дана дисертаційна робота присвячена розвитку вельми актуальної тематики, яка, наразі, інтенсивно розвивається в передових технологічних державах, а саме – розбудові фізичних основ функціонування та реалізації алгоритмів квантових обчислень з метою створення ефективних квантових процесорів. Традиційний шлях пошуку реалізації квантових логічних операцій полягає у використанні резонансного збудження, в результаті якого виникають

періодичні коливання Рабі квантових систем. Дане дисертаційне дослідження розвиває альтернативний підхід для реалізації квантових логічних елементів, який заснований на нерезонансних неадіабатичних переходах Ландау-Зенера-Штекельберга-Майорани.

У цьому підході квантові операції та керування кубітом реалізуються за допомогою неадіабатичного, нерезонансного керування системою з великими амплітудами та меншою кількістю проходів рівня антиперетину. Використано адіабатично-імпульсну модель, яка розглядає динаміку як комбінацію двох етапів еволюції: адіабатичну стадію (без переходу ймовірності зайнятості між рівнями) і діабатичну стадію (де перехід ймовірності зайнятості відбувається швидко). Розвинутий автором підхід надає аналітичні результати, що дозволили отримати умови для зовнішнього збудження для реалізації бажаної квантової логічної операції та надати можливість для оптимізації.

Продемонстровані у даному дослідженні теоретичні методи дослідження, опису та контролю дворівневих та багаторівневих квантових систем можуть бути застосованими до будь яких фізичних реалізацій таких квантових систем, як мікроскопічних, так і мезоскопічних. Це дослідження є теоретичною роботою, але в усіх розділах вона тісно пов'язана з експериментами, та або теоретично описує проведені експерименти, або розвиває теоретичні методи для реалізації нових експериментів. Частина з отриманих теоретичних результатів дослідження вже знайшла підтвердження у експерименті для певних фізичних систем.

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

У дисертаційній роботі вперше отримані наступні результати:

- *Вперше* продемонстровано як аналітична адіабатично-імпульсна модель може бути застосована для реалізації квантових логічних операцій за допомогою переходів ЛЗШМ.
- *Вперше* були отримані аналітичні вирази матриць еволюції для найпростіших збуджуючих сигналів з одним, двома, та багатьма проходженнями квазіперетину рівнів. Вони надали змогу отримувати системи рівнянь для параметрів збуджуваного сигналу для реалізації будь-якої потрібної квантової логічної операції.
- *Вперше* були отримані аналітичні умови для однокубітних операцій X, операції Адамара, двокубітних операцій SWAP, iSWAP, CNOT, CPHASE,

CZ, CS. Для операції Адамара, X, iSWAP та CNOT були продемонстровані чисельні розрахунки динамік для отриманих параметрів зовнішнього збуджуючого сигналу.

- *Вперше* був надан загальний алгоритм знаходження параметрів збуджуючого сигналу із довільним числом переходів квазіперетину рівнів кубіту для реалізації довільної однокубітної операції. Була продемонстрована залежність добротності від швидкості квантових логічних операцій для керуючих сигналів з 2, 4, 6, 8 переходами ЛЗШМ та порівняно з аналогічними залежностями для Рабі-операцій.
- *Вперше* була застосована інтерферометрія ЛЗШМ для одягненої квантової чотирирівневої системи та було продемонстровано як інтерферометрія ЛЗШМ може бути використана для знаходження параметрів системи.
- *Вперше* були теоретично отримані арфо-подібні резонансні смуги для подвійної квантової точки після застосування інтерферометрії ЛЗШМ для одягнутих рівнів .
- *Вперше* було продемонстровано як можна скомбінувати адіабатично-імпульсну модель з формалізмом рівнянь балансу для опису деяких простих випадків динамік багаторівневих квантових систем із переходами ЛЗШМ та енергетичною релаксацією без використання рівняння Ліндблада та без використання усієї інформації про гамільтоніан системи. Для розглянутої динаміки етапу перезарядки фотонного детектору на основі потокового кубіту було продемонстровано, що отримана динаміка якісно відповідає точній динаміці, отриманій за допомогою вирішення рівняння Ліндблада.

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 **тринадцяти** наукових працях, серед яких **три** статті у міжнародних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science) і відносяться до квартілю Q1. Також результати дисертації додатково відображені у **десяти** тезах конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

публікації у міжнародних виданнях,

що входять до міжнародних наукометричних баз:

1. S. N. Shevchenko, **A. I. Ryzhov**, and Franco Nori, Low-frequency spectroscopy for quantum multilevel systems, Physical Review B **98**, 195434 (2018), Q1
DOI: 10.1103/PhysRevB.98.195434
2. **A. I. Ryzhov**, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, M. F. Gonzalez-Zalba, and Franco Nori, Alternative fast quantum logic gates using nonadiabatic Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions, Physical Review Research **6**, 033340 (2024), Q1
DOI: 10.1103/PhysRevResearch.6.033340
3. O. A. Ilinskaya, **A. I. Ryzhov**, and S. N. Shevchenko, Flux qubit based detector of microwave photons, Phys. Rev. B **110**, 155414 (2024), Q1
DOI: 10.1103/PhysRevB.110.155414

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. *A. I. Ryzhov*, S. N. Shevchenko, “Modeling and study of the evolution of a four-level quantum system”, Student conference on Applied Physics “Actual problems of modern physics”, 24 Nov, 2017, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 55 (2017).
5. *A. I. Ryzhov*, S. N. Shevchenko, “Resonant excitations of a single qubit: diabatic and adiabatic regimes”, International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics 2020” (CM<P 2020), 8-14 June, 2020, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 175 (2020).

6. *A. I. Ryzhov*, S. N. Shevchenko, Franco Nori, “Resonant interferometry and spectroscopy of a doublequantumdot system”, XI Conference of Young Scientists “Problems of Theoretical Physics”, 21-23 December, 2020, Kyiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 25 (2020).
7. *A. I. Ryzhov*, S. N. Shevchenko, Franco Nori, “Low-frequency spectroscopy for quantum multilevel systems”, American Physics Society March meeting 2021 (APS March meeting 2021), 15-19 March, 2021, USA, Online, Abstracts, p. C29.00001 (2021).
8. *A. I. Ryzhov*, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, “Landau-Zener-Stückelberg-Majorana quantum logic gates”, II International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics 2021” (CM<P 2021), 6-12 June, 2021, Kharkiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 211 (2021).
9. *A. I. Ryzhov*, M. P. Liul, S. N. Shevchenko, M. F. Gonzalez-Zalba, and Franco Nori, “Four regimes of excitations of a double quantum dot”, International Symposium on Novel maTERials and quantum Technologies (ISNTT2021), 14-17 December, 2021, Atsugi, Japan, Online, Abstracts, p. 145 (2021).
10. *A. I. Ryzhov*, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, “Fast Landau-Zener-Stückelberg-Majorana quantum logic gates”, American Physics Society March meeting 2022 (APS March meeting 2022), 14-18 March, 2022, Chicago, USA, Online, Abstracts, p. Q38.00011 (2022).
11. *A. I. Ryzhov*, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, “Nonresonant quantum logic gates”, American Physics Society March meeting 2023 (APS March meeting 2023), 20-22 March, 2023, Las Vegas, USA, Online, Abstracts, p. UU05.00009 (2023).
12. *A. I. Ryzhov*, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, and Franco Nori, “Two-qubit nonadiabatic quantum logic gates”, III International Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics” (CM<P 2023), 5-11 June, 2023, Kharkiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 197 (2023).
13. *A. I. Ryzhov*, O. V. Ivakhnenko, S. N. Shevchenko, M. F. Gonzalez-Zalba, and Franco Nori, “Fast quantum logic gates using nonadiabatic Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transitions”, American Physics Society March meeting 2024 (APS March meeting 2024), 4-8 March, 2024, Minneapolis, USA, Online, Abstracts, p. DD03.00005 (2024).

Результати дисертаційної роботи повністю відображено у публікаціях. Постановка задач, розглянутих у статтях 1-3 належать науковому керівнику. 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. Student conference on Applied Physics “Actual problems of modern physics”, 24 Nov, 2017, Kharkiv, Ukraine
2. International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics 2020” (CM<P 2020), 8-14 June, 2020, Kharkiv, Ukraine
3. XI Conference of Young Scientists “Problems of Theoretical Physics”, 21-23 December, 2020, Kyiv, Ukraine
4. American Physics Society March meeting 2021 (APS March meeting 2021), 15-19 March, 2021, USA
5. II International Advanced Study Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics 2021” (CM<P 2021), 6-12 June, 2021, Kharkiv, Ukraine
6. International Symposium on Novel maTerials and quantum Technologies (ISNTT2021), 14-17 December, 2021, Atsugi, Japan
7. American Physics Society March meeting 2022 (APS March meeting 2022), 14-18 March, 2022, Chicago, USA
8. American Physics Society March meeting 2023 (APS March meeting 2023), 20-22 March, 2023, Las Vegas, USA
9. III International Conference “Condensed Matter and Low Temperature Physics” (CM<P 2023), 5-11 June, 2023, Kharkiv, Ukraine
10. American Physics Society March meeting 2024 (APS March meeting 2024), 4-8 March, 2024, Minneapolis, USA

7. Практичне та теоретичне значення дисертації.

Результати, що отримані в ході виконання даного дисертаційного дослідження, становлять собою чималий інтерес, як з точки зору прикладного застосування (скажімо, для розробки та створення нових пристроїв для

квантових обчислень), так і для розвитку фундаментальних уявлень щодо розуміння фізичної поведінки складних квантових систем.

Зокрема, механізми та підходи, що розвинуті в роботі, можуть безпосередньо бути застосовані для реалізації квантових логічних операцій на певних типах квантових комп'ютерів, а самі методи реалізації квантових логічних операцій можуть бути безпосередньо використані для постановки новітніх експериментів, що розвиватимуть застосування квантових властивостей для посилення обчислювальних потужностей. Подальший експериментальний розвиток такої парадигми реалізації квантових операцій може надати переваги порівняно з класичним підходом на основі резонансного збудження.

З іншого боку, продемонстрований метод застосування інтерферометрії ЛЗШМ для одягнених квантових багаторівневих систем може використовуватись для визначення деяких параметрів квантової системи на основі її експериментальних інтерферограм ЛЗШМ, тобто – для спектроскопії цієї квантової системи. Продемонстрований метод застосування адіабатично-імпульсної моделі з формалізмом рівнянь балансу може використовуватись для деяких типів простих динамік в будь-яких квантових системах для спрощення розрахунків порівняно із рівнянням Ліндблада. Зокрема, для розрахунку та, відповідно, визначення параметрів для етапу перезарядки детектору мікрохвильових фотонів на основі потового кубіту. Продемонстрований опис та розрахунок динаміки подвійної квантової точки за допомогою розв'язання рівняння Ліндблада може бути використаний для опису та кращого розуміння будь-яких подібних відкритих квантових багаторівневих систем.

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 **Рижова Артема Ігоровича «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем»**, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, є завершеною

науковою працею, складає вагомий внесок у розвиток розуміння фізичної поведінки складних квантових систем, та у розвиток методів використання інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани, адіабатично-імпульсної моделі, формалізму рівнянь балансу для опису та контролю динаміки квантових багаторівневих систем, 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, від 19.05.2023 № 502 і від 03.05.2024 № 507, 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 Рижова Артема Ігоровича «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем» 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 Рижова Артема Ігоровича «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем», до **офіційного захисту на здобуття ступеня доктора філософії** зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія».

Результати голосування щодо рекомендацій до захисту дисертації Рижова Артема Ігоровича «Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани для контролю динаміки квантових систем» 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» - 28

«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

Олександр КОВАЛЬОВ

