

ПОВІДОМЛЕННЯ

про утворення разової спеціалізованої вченої ради

Заклад освіти/наукова
установа

Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна
Національної академії наук України (ідентифікаційний код
03534601)

1. Здобувач ступеня доктора філософії

1.1. ПІБ здобувача ступеня
доктора філософії

Рижов Артем Ігорович

1.2. Освітньо-наукова
програма, яку завершив
здобувач

39026 Фізика (104 Фізика та астрономія)

1.3. Окремі елементи
освітньо-наукової програми
забезпечуються іншим
закладом вищої освіти/
науковою установою (у тому
числі іноземним)

ні

2. Дисертація

2.1. Тема дисертації

Застосування інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-
Майорани для контролю динаміки квантових систем

2.2. Анотація дисертації

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 - «Фізика та астрономія» (10 - Природничі науки).
- Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна
Національної академії наук України, Харків, 2024.

Дисертацію присвячено дослідженню динаміки квантових дворівневих і багаторівневих систем та розробці нових підходів до її опису та контролю з використанням рівняння Ліндблада, інтерферометрії Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани, адіабатично-імпульсної моделі та рівнянь балансу.

У вступі коротко обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання дослідження, об'єкт, предмет та методи дослідження. Сформульовано наукову новизну та описано практичне значення отриманих результатів. Також у цьому розділі наведено інформацію про публікації, особистий внесок здобувача та апробацію результатів дисертації. Наведено інформацію про структуру та обсяг дисертації.

Розділ 1 присвячено огляду та аналізу літератури за темою дисертації. Перехід ймовірності заселеності між енергетичними рівнями квантової системи під час проходження квазіперетину рівнів називається переходом Ландау-Зінера-Штюкельберга-Майорани (ЛЗШМ). Коли квантова система з квазіперетином рівнів знаходиться під впливом періодичного сильного збудження з достатньо великою амплітудою, відбувається послідовність ЛЗШМ переходів. Фаза, накопичена між переходами (відома як фаза Штюкельберга), може призвести до конструктивної або

деструктивної інтерференції. Як наслідок, фізично спостережувані величини системи, такі як ймовірності заселеностей енергетичних рівнів, виявляють періодичну залежність від параметрів зовнішнього збудження. Це називається інтерферометрією ЛЗШМ.

Згідно з адіабатично-імпульсною моделлю, динаміку таких збуджуваних квантових систем можна розділити на два етапи еволюції: неадіабатичні ЛЗШМ переходи між енергетичними рівнями поблизу квазіперетинів рівнів та адіабатичну еволюцію далеко від квазіперетинів. Аналітичні вирази матриць відповідних операторів еволюцій дають змогу описувати та керувати динамікою цих збуджуваних систем.

У деяких випадках динаміка і релаксаційні процеси в багаторівневих квантових системах можуть бути добре описані формалізмом рівнянь балансу. Перевагою такого підходу є його відносна простота, порівняно з підходом рівняння Ліндблада.

Дисертацію присвячено вивченню квантових дворівневих та багаторівневих систем, а також підходів і методів їх опису та керування ними. Надано огляд та аналіз літератури, пов'язаної з рівняннями Ліндблада, рівняннями Ліувілля-фон Неймана, рівняннями Блоха, підходом рівнянь балансу, та іншими рівняннями, що можуть бути використані для вивчення квантових систем; а також літератури, пов'язаної з інтерферометрією ЛЗШМ, переходами ЛЗШМ, адіабатично-імпульсною моделлю (також відомою як метод матриць переходу), осциляціями Рабі, амплітудною спектроскопією. В цьому розділі надано огляд літератури, пов'язаної з кубітами, експериментальними реалізаціями надпровідникових кубітів та кубітів на основі кремнієвих подвійних квантових точок, в яких використовуються як орбітальні, так і долинні ступені свободи. Також було надано огляд літератури, пов'язаної з одно- та двокубітними квантовими логічними операціями (реалізованими як класично за допомогою осциляцій Рабі, так і альтернативним методом за допомогою переходів ЛЗШМ, якому присвячено цей розділ було проаналізовано), квантовими системами з подвійним збудженням та іншими квантовими системами, де є актуальною фізика ЛЗШМ.

Розділ 2 присвячено дослідженню альтернативної парадигми реалізації квантових логічних операцій на основі нерезонансного збудження з переходами ЛЗШМ.

Традиційна реалізація квантових логічних операцій і контролю базується на резонансних осциляціях Рабі ймовірності заселеності системи. Цей підхід має певні обмеження та ускладнення, пов'язані з обмеженнями наближення обертової хвилі та витоком ймовірностей заселеностей на рівні, що лежать за межами області кубіта. ЛЗШМ переходи запроваджують альтернативу традиційним операціям, що ґрунтуються на резонансному збудженні. Порівняно з традиційними осциляціями Рабі, основними відмінностями є нерезонансна частота збуджувального сигналу та мала кількість періодів у зовнішньому збуджувальному сигналі. У розглянутій альтернативній парадигмі збудження складається з періодів адіабатичної еволюції та коротких неадіабатичних переходів. Ймовірності заселеностей енергетичних рівнів, а також різниця фаз

між ними можуть бути обрані шляхом зміни параметрів збудження (частоти та амплітуди), що забезпечує іншу парадигму контролю станом квантової системи.

У дисертації розвивається парадигму квантових логічних операцій на основі ЛЗШМ переходів, досліджуємо динаміку багаторівневої квантової системи під впливом ЛЗШМ збудження та оптимізуємо параметри для підвищення швидкостей квантових логічних операцій. За допомогою адіабатично-імпульсної моделі визначено параметри зовнішнього керуючого сигналу, необхідні для реалізації конкретної квантової логічної операції. Було описано гамільтоніан кубіта та його два основні базиси, демонструємо реалізації однокубітних операцій X , Y , Адамара та фазової операції, використовуючи як осциляції Рабі, так і ЛЗШМ переходи, і порівнюємо швидкість та точність, досягнуті за допомогою обох підходів. Досліджено спосіб збільшення швидкості та точності ЛЗШМ операцій за рахунок використання множинних переходів. Також було узагальнено розглянуту парадигму використання адіабатично-імпульсної моделі для реалізації квантових логічних операцій для багаторівневих квантових систем і описуємо реалізацію двокубітних операцій i SWAP та CNOT за допомогою двох ЛЗШМ переходів. Надано деякі деталі реалізації інших двокубітних операцій: SWAP, $\sqrt{\text{SWAP}}$, $\sqrt{i\text{SWAP}}$, CPhase(φ), CZ, CS.

Розділ 3 присвячено вивченню спектроскопії кремнієвої подвійної квантової точки (ПКТ), в якій використовуються як орбітальні, так і долинні ступені свободи.

Періодично збуджувана квантова система з квазіперетином рівнів зазнає як неадіабатичних переходів, так і фазових змін хвильової функції. Це призводить до появи когерентних інтерференційних смуг у ймовірностях заселеностей системи. Для кубітів із квазіперетином енергетичних рівнів така ЛЗШМ інтерференція демонструє дугоподібні резонансні лінії. У випадку багаторівневої системи з квазіперетином двох нижніх рівнів продемонстровано, що форма резонансів може змінюватися від опуклих дуг до увігнутих серцеподібних і арфоподібних резонансних ліній. Дійсно, весь енергетичний спектр визначає форму таких резонансних смуг, і це також надає уявлення про спектроскопію низькочастотної системи.

Як конкретний приклад, це було розглянуто для кремнієвих долинно-орбітальних квантових точок, які є важливими для нової галузі вальєтроніки. Розглянуто чотирирівневий гамільтоніан кремнієвої долинно-орбітальної ПКТ. Обговорено, як підготувати стани ПКТ для низькочастотної ЛЗШМ-спектроскопії, одягнувши їх резонансним сигналом. Одягання дозволяє звести чотирирівневу систему до дворівневої. Це дає змогу застосувати формули інтерферометрії ЛЗШМ для дворівневих квантових систем. У дисертації були обговорені отримані інтерференційні смуги та проаналізована форма резонансних ліній. Для одягненої чотирирівневої системи вони матимуть арфоподібну форму. Також було проаналізовано окремий випадок із симетричним гамільтоніаном.

Розділ 4 присвячено опису квантових багаторівневих систем за допомогою рівняння Ліндблада, адіабатично-імпульсної моделі та методу рівнянь балансу.

Сильне збудження багаторівневої квантової системи дає змогу як характеризувати її стан, так і керувати ним. В цьому розділі вивчається сильно збуджувана дисипативна чотирирівнева ПКТ. Отримано її гамільтоніан та розв'язується рівняння Ліндблада. Ця система працює як пристрій «чотири в одному» з такими властивостями: інтерферометр ЛЗШМ; конденсатор з квантовим підсиленням, мікрохвильовий детектор і двосторонній інтерферометр. Іншими словами, існує чотири різні режими ЛЗШМ: багатопрохідний, однопрохідний, двопрохідний і некогерентний. Розраховано ймовірності заселеностей кожного стану системи як функції часу для всіх режимів роботи. Отримані результати дають корисні уявлення щодо керування, характеристикації та ініціалізація станів багаторівневих квантових систем.

Також в цьому розділі описується як використовувати адіабатично-імпульсну модель і підхід рівнянь балансу для опису квантових багаторівневих систем. Адіабатично-імпульсна модель може описувати динаміку багаторівневих квантових систем з ЛЗШМ переходами без релаксації. Підхід на основі рівнянь балансу може описувати квантові багаторівневі системи з енергетичною релаксацією. Поєднання адіабатично-імпульсної моделі та методу рівнянь балансу дозволяє в деяких випадках описати динаміку багаторівневих квантових систем з енергетичною релаксацією та ЛЗШМ переходами.

Була розрахована динаміка (залежність ймовірностей заселеностей адіабатичних енергетичних рівнів від часу, або, в даному випадку, від зовнішнього магнітного потоку) детектора мікрохвильових фотонів на основі потокового кубіта для стадії перезарядки детектора. Отримана динаміка досить добре узгоджується (за винятком околиць точок квазіперетину) з результатами, отриманими чисельним розв'язком рівняння Ліндблада.

Результати даної роботи мають одночасно значення для прикладного застосування, для розробки та створення нових пристроїв для квантових обчислень, і фундаментальне значення для розвитку розуміння фізичної поведінки складних квантових систем. Так, запропоновані методи реалізацій квантових логічних операцій можуть бути безпосередньо використані для постановки новітніх експериментів. Механізми та підходи, що розвинуті в роботі, після деякого доповнення експериментальними методиками, можуть безпосередньо бути застосовані для виконання квантових логічних операцій на певних типах реалізацій квантових комп'ютерів. Продемонстрований метод застосування інтерферометрії ЛЗШМ для одягнених квантових багаторівневих систем може використовуватись для визначення низки параметрів квантової системи на основі її експериментальних інтерферограм ЛЗШМ, тобто для спектроскопії цієї системи. Продемонстрований метод застосування адіабатично-імпульсної моделі з формалізмом рівнянь балансу за певних умов може використовуватись для визначення параметрів на етапі перезарядки детектору мікрохвильових фотонів на основі потового

кубіту. Побудований опис та метод розрахунку 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.

2.3. Ключові слова дисертації кубіт, дворівнева система, квантова інтерференція, інтерферометрія Ландау-Зінера-Штյюкельберга-Майорани, перехід Ландау-Зінера-Штյюкельберга-Майорани, квантові переходи, неадіабатичний перехід, матриця переходу, адіабатично-імпульсна модель, квантова логічна операція, надпровідність, надплинність, спін, матриця густини, динаміка квантових систем

2.4. Посилання, за яким розміщено текст дисертації <http://ilt.kharkiv.ua/bvi/structure/theses/Ryzhov%20Dissertation%20UA.pdf.asice.zip>

2.5. Публікації здобувача, зараховані для захисту

S. N. Shevchenko, A. I. Ryzhov, and Franco Nori, Low-frequency spectroscopy for quantum multilevel systems, *Physical Review B* 98, 195434 (2018), Q1

Рік	2018
Ключові слова	Landau-Zener effect, non-adiabatic transition, quantum interference, valleytronics, Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transition, Landau-Zener-Stückelberg-Majorana interferometry, qubit, two-level system, quantum system dynamics, quantum dots, Schroedinger equation
DOI	10.1103/PhysRevB.98.195434
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.195434

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

Рік	2024
Ключові слова	quantum control, quantum gates, quantum logic operation, Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transition, qubit, two-level system, quantum transitions, non-adiabatic transition, transfer matrix, adiabatic-impulse model, density matrix, quantum system dynamics, qudits
DOI	10.1103/PhysRevResearch.6.033340
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.033340

O. A. Ilinskaya, A. I. Ryzhov, and S. N. Shevchenko, Flux qubit based detector of microwave photons, *Physical Review B* 110, 155414 (2024), Q1

Рік	2024
-----	------

Ключові слова	Josephson junctions, qubit, Landau-Zener effect, density matrix, quantum transitions, the rate equation, quantum system dynamics, adiabatic-impulse model, Landau-Zener-Stückelberg-Majorana transition
DOI	10.1103/PhysRevB.110.155414
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevB.110.155414

3. Захист

3.1. Посилання, за яким здійснюватиметься онлайн-трансляція захисту	http://ilt.kharkiv.ua/bvi/structure/report/df64175017_sovet_for_ryshov.html
---	---

4. Разова рада

4.1. Дата рішення Вченої ради про утворення разової ради	29.10.2024
--	------------

Голова разової ради

ПІБ	Славін Віктор Валерійович
Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
Посада	завідувач відділу (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ теоретичної фізики
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.02 Теоретична фізика
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	-
ORCID	0000-0003-0519-1291

Публікації за тематикою дисертації

V. O. Cheranovskii, V. V. Slavin, D. J. Klein, Quantum phase transitions in 1D Heisenberg spin systems, International Journal of Quantum Chemistry, 121, 5, e26498 (2021), Q2

Рік	2021
Ключові слова	quantum transitions, spin, spin chain, spin-Peierls instability, ground-state energy, tunnelling, spin-1/2
DOI	10.1002/qua.26498
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні

Посилання	https://doi.org/10.1002/qua.26498
-----------	---

V.V. Slavin, V.O. Cheranovskii, Nonadiabatic Quantum Phase Transitions and Finite Size Effects in Frustrated Two-Leg Spin Ladders, Journal of Low Temperature Physics, 206, 3-4, 182-190 (2022), Q3

Рік	2022
-----	------

Ключові слова	spin, Heisenberg model, frustrated systems, quantum transitions, two-leg spin ladders, quantum system dynamics
---------------	--

DOI	10.1007/s10909-021-02653-0
-----	----------------------------

Одноосібне авторство	ні
----------------------	----

Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
---	----

Посилання	https://doi.org/10.1007/s10909-021-02653-0
-----------	---

A.A. Zvyagin, V.V. Slavin. Governing of the piezoelectric effect by external fields and strains, Scientific Reports, 14, 18335 (2024), Q1

Рік	2024
-----	------

Ключові слова	piezoelectricity, spin, quantum paramagnets, qubit
---------------	--

DOI	10.1038/s41598-024-69307-5
-----	----------------------------

Одноосібне авторство	ні
----------------------	----

Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
---	----

Посилання	https://doi.org/10.1038/s41598-024-69307-5
-----------	---

Рецензент

ПІБ	Колесніченко Юрій Олексійович
-----	--------------------------------------

Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
--------------	---

Посада	Головний науковий співробітник (Основне місце роботи)
--------	---

Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ мікроконтактної спектроскопії
---	--------------------------------------

Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.07 Фізика твердого тіла
------------------	--

Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	-
---	---

ORCID	0000-0001-5770-631X
-------	---------------------

Публікації за тематикою дисертації

Yu. A. Kolesnichenko, D. I. Stepanenko, High-frequency magnetic susceptibility of a 2D electron gas with spin-orbit interaction in a parallel magnetic field under topological phase transition, Low Temperature Physics 48, 463–469 (2022), Q3

Рік	2022
-----	------

Ключові слова	spin, spin-orbit interaction, two-dimensional gas, quantum effects, density matrix
---------------	--

DOI	10.1063/10.0010441
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0010441

I. B. Berkutov, V. V. Andrievskii, E. Yu. Beliayev, Yu. A. Kolesnichenko, Quantum effects in silicon-germanium p-type heterostructures with quantum wells of different widths, *Low Temperature Physics*, 49, 59 (2023), Q3

Рік	2023
Ключові слова	quantum systems, quantum effects, two-dimensional gas, quantum interference, quantum correction, quantum wells
DOI	10.1063/10.0016476
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0016476

V. B. Stepanov, Yu. A. Kolesnichenko, A. L. Solovjov, Thermoelectric power in high-temperature superconductors: Theory and experiment (Review article), *Low Temperature Physics*. 49, 911–935 (2023), Q3

Рік	2023
Ключові слова	superconductivity, quantum effects, Fermi surface, high temperature superconductors, pseudogap, quantum critical point, polycrystalline material, thermoelectric effects
DOI	10.1063/10.0020159
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0020159

Рецензент

ПІБ	Константинов Олександр Михайлович
Місце роботи	Фізико - технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України
Посада	науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ теоретичної фізики
Науковий ступінь	Кандидат наук, 01.04.02 Теоретична фізика
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	09.02.2021
ORCID	0000-0003-4856-8909

Публікації за тематикою дисертації

S. I. Shevchenko, A. M. Konstantinov. Thermal counterflow and electrical activity of superfluid systems in a magnetic field, *Low Temperature Physics*. 46, 48–58 (2020), Q3

Рік	2020
Ключові слова	quantum systems, quantum effects, superfluidity, thermal conductivity, thermomechanical effects, magnetic field
DOI	10.1063/10.0000363
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0000363

A. M. Konstantynov, S. I. Shevchenko, On the electric charge of quantized vortices and the dipole moment of vortex pairs and rings in a magnetic field, *Low Temperature Physics*. 49, 714–723 (2023), Q3

Рік	2023
Ключові слова	quantum systems, superfluidity, supercurrent, quantum effects, quantized vortex, dielectric properties, magnetic field, vortex rings
DOI	10.1063/10.0019427
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0019427

O. M. Konstantynov, Thermomagnetolectric convective effect in normal and superfluid systems, *Low Temperature Physics*. 50, 3–8 (2024), Q3

Рік	2024
Ключові слова	superfluidity, quantum systems, electric polarization, convective flows, fluid mechanics, magnetic field
DOI	10.1063/10.0023883
Одноосібне авторство	так
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1063/10.0023883

Офіційний опонент

ПІБ	Сотніков Андрій Геннадійович
Місце роботи	Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"
Посада	Провідний науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Інститут теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.02 Теоретична фізика

Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	-
ORCID	0000-0002-3632-4790

Публікації за тематикою дисертації

I.V. Lukin, A.G. Sotnikov, Variational optimization of tensor-network states with the honeycomb-lattice corner transfer matrix, Physical Review B, 107, 054424 (2023), Q1

Рік	2023
Ключові слова	transfer matrix, honeycomb lattice, spin, Kitaev model, quantum information, tensor network methods
DOI	10.1103/PhysRevB.107.054424
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.054424

V. Bilokon, E. Bilokon, A. Peletminskii, A. Sotnikov, Thermodynamic characteristics of ideal quantum gases in harmonic potentials within exact and semiclassical approaches, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 589, 126605 (2022), Q2

Рік	2022
Ключові слова	quantum systems, Bose gas, Fermi gas, quantum degeneracy regime, semiclassical approach, harmonic oscillator
DOI	10.1016/j.physa.2021.126605
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126605

I. V. Lukin, A. G. Sotnikov, Corner transfer matrix renormalization group approach in the zoo of Archimedean lattices, Physical Review E, 109, 045305 (2024), Q1

Рік	2024
Ключові слова	transfer matrix, renormalization group, phase transition, wave-function variational optimization, Ising model, quantum lattice models
DOI	10.1103/PhysRevE.109.045305
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevE.109.045305

Офіційний опонент

ПІБ **Майзеліс Захар Олександрович**

Місце роботи	Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України
Посада	Старший науковий співробітник (Основне місце роботи)
Факультет або інший структурний підрозділ	Відділ теоретичної фізики (№24)
Науковий ступінь	Доктор наук, 01.04.02 Теоретична фізика
Дата отримання диплома доктора філософії (кандидата наук)	–
ORCID	0000-0001-6217-7117

Публікації за тематикою дисертації

M. V. Mazanov, S. S. Apostolov, Z. A. Maizelis, N. M. Makarov, A. A. Shmat'ko, and V. A. Yampol'skii, Resonant absorption of terahertz waves in layered superconductors: Wood's anomalies and anomalous dispersion, *Physical Review B*, 101, 024504 (2020), Q1

Рік	2020
Ключові слова	transfer-matrix, Josephson effect, resonant absorption, superconductivity, layered superconductors, polarization, terahertz wave
DOI	10.1103/PhysRevB.101.024504
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.024504

H. V. Ovcharenko, Z. A. Maizelis, S. S. Apostolov, and V. A. Yampol'skii, Nonlinear focusing of Terahertz laser beam using layered superconductor, *Physical Review B*, 106, 174511 (2022), Q1

Рік	2022
Ключові слова	layered superconductor, superconductivity, Josephson effect, hysteresis, Gaussian beam, superconducting fluctuations
DOI	10.1103/PhysRevB.106.174511
Одноосібне авторство	ні
Містить державну таємницю / службову інформацію	ні
Посилання	https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.174511

I. Patsay, Z. Maizelis, A. Maizelis. Nonlinear Potential Scanning as a Novel Approach to Calculation of the Time Variable Galvanic Displacement Reaction Rate . *ChemElectroChem*, 9(4), e202101274 (2022), Q1

Рік	2022
Ключові слова	mixed-potential theory, alloys, coupled reactions, electrochemistry, galvanic displacement, nonlinear polarization
DOI	10.1002/celc.202101274
Одноосібне авторство	ні
Містить державну	ні

таємницю / службову
інформацію

Посилання <https://doi.org/10.1002/celc.202101274>

A. Bukhtatyi, Z. A. Maizelis, V. A. Yampol'skii, Lagrange function for the layered superconductor samples of finite size, Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, (1), 13–19 (2024)

Рік 2024

Ключові слова Lagrange function, layered superconductor, waveguide, ordinary and extraordinary modes, dispersion relation, superconductivity

DOI 10.15407/dopovidi2024.01.013

Одноосібне авторство ні

Містить державну
таємницю / службову
інформацію ні

Посилання <https://doi.org/10.15407/dopovidi2024.01.013>

Підтвердження

Я підтверджую, що:

- я належним чином уповноважений/а закладом освіти/науковою установою на подання цього повідомлення, і за потреби надам документ, який підтверджує ці повноваження
- усі відомості, викладені у цьому повідомленні, є достовірними

Документ підписаний електронним підписом

Калиненко Олександр Миколайович

30.10.2024