Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004278

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 04-08-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сахнюк Павло Васильович

2. Pavlo Sakhniuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-4422-6082

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Теоретична та експериментальна фізика конденсованих середовищ

Дата захисту: 26-08-2026

Спеціальність за освітою: Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15629

Повне найменування юридичної особи: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.03, 29.19.29

Тема дисертації:

1. Електродинамічні властивості тунельних джозефсонівських контактів з ангармонічною залежністю струму від різниці фаз

2. Electrodynamic properties of tunnel Josephson junctions with anharmonic current-phase relation

Реферат/анотація:

1. Сахнюк П. В. Електродинамічні властивості тунельних джозефсонівських контактів з ангармонічною залежністю струму від різниці фаз. — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 — Фізика та астрономія. — Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, 2026. Дисертацію присвячено вивченню макроскопічної квантової когерентності та розробці теоретичної моделі електродинамічних і магнітних характеристик, нелінійної фазової еволюції та умов виникнення джозефсонівського діодного ефекту в тунельних надпровідних контактах типу SIS. Основний акцент зроблено на системах із високою прозорістю діелектричного бар'єра поблизу критичної температури (Tc). За цих умов довжина когерентності Гінзбурга-Ландау зростає, а просторовий розподіл параметра впорядкування стає вкрай чутливим до макроскопічного руху носіїв струму. Це спричиняє ефекти розпаровування конденсату куперівських пар, генерує потужну ангармонічність та робить класичну синусоїдну модель Джозефсона недостатньою. У першому розділі

подано огляд літератури щодо фундаментальних проблем фазової когерентності, проаналізовано межі застосовності стандартної гармонічної моделі та розглянуто фізичну природу ефектів розпаровування і механізми виникнення діодного ефекту. Другий розділ містить мікроскопічне виведення лінійного інтегрального рівняння для параметра впорядкування в SIS-контакті за допомогою методу функцій Гріна. Використовуючи метод квазіортогональності до асимптотики, знайдено коректні граничні умови для рівняння Гінзбурга-Ландау та отримано узагальнену несинусоїдну струм-фазову залежність, ключовою зміною якої є генерація другої гармоніки. Третій розділ присвячено макроскопічним магнітним властивостям. Доведено, що генерація другої гармоніки стрімкіше знижує критичний струм у слабких магнітних полях, підвищуючи магнітопольову чутливість. Для довгих джозефсонівських контактів розраховано деформований профіль та енергію спокою флюксона. У четвертому розділі побудовано узагальнені динамічні моделі нелінійної фазової еволюції. Обґрунтовано механічні аналогії: рух маятника зі змінною довжиною підвісу та рух частинки у логарифмічно деформованому потенціальному рельєфі, який збільшує відновлюючу силу і плазмову частоту осциляцій, що корисно для оптимізації фазових кубітів. П'ятий розділ описує умови виникнення джозефсонівського діодного ефекту в планарних структурах поблизу критичної температури. Встановлено, що невзаємність критичних струмів вимагає поєднання магнітного поля та градієнта густини критичного струму, а сам діодний ефект виникає лише за наявності вищих гармонік струму. У підсумку, розроблена теоретична база дозволяє оптимізувати параметри надпровідних кубітів, покращити роздільну здатність надчутливих магнітометрів та створювати бездисипативні кріогенні випрямлячі й елементи пам'яті.

2. Sakhniuk P. V. Electrodynamic properties of tunnel Josephson junctions with anharmonic current-phase relation. — Qualifying scientific work on the rights of the manuscript. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy on specialty 104 — Physics and Astronomy. — Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, 2026.

The dissertation is devoted to the study of macroscopic quantum coherence and the development of a theoretical model of electrodynamic and magnetic characteristics, nonlinear phase evolution, and the conditions for the occurrence of the Josephson diode effect in tunnel superconductor-insulator-superconductor (SIS) junctions. The main emphasis is placed on systems with high quantum-mechanical transparency of the dielectric barrier near the critical temperature (Tc). Under these conditions, the Ginzburg-Landau coherence length increases, and the spatial distribution of the order parameter becomes extremely sensitive to the macroscopic motion of current carriers. This causes depairing effects of the Cooper pair condensate, generates strong anharmonicity, and renders the classical sinusoidal Josephson model insufficient. Chapter 1 provides a literature review on the fundamental problems of phase coherence, analyzes the limits of applicability of the standard harmonic model, and examines the physical nature of depairing effects and the mechanisms underlying the diode effect. Chapter 2 contains a microscopic derivation of the linear integral equation for the order parameter in an SIS junction using the Green's function method. By applying the method of quasi-orthogonality to asymptotics, correct boundary conditions for the Ginzburg-Landau equation are found, and a generalized non-sinusoidal current-phase relation is obtained, the key change of which is second-harmonic generation. Chapter 3 is devoted to macroscopic magnetic properties. It is proven that second-harmonic generation causes a steeper decay of the critical current in weak magnetic fields, increasing magneto-field sensitivity. For long Josephson junctions, the deformed profile and the rest energy of the fluxon are calculated. Chapter 4 constructs generalized dynamic models to describe nonlinear phase evolution. Mechanical analogies are substantiated: the motion of a pendulum with a variable suspension length and the motion of a particle in a logarithmically deformed potential landscape, which increases the restoring force and the plasma frequency of oscillations, making it useful for optimizing phase qubits. Chapter 5 describes the conditions for the occurrence of the Josephson diode effect in planar structures near the critical temperature. It is established that the non-reciprocity of critical currents requires a combination of a magnetic field and a critical current density gradient, and the diode effect itself arises only in the presence of higher current harmonics. In conclusion, the developed theoretical framework allows for optimizing the parameters of superconducting qubits, improving the resolution of supersensitive magnetometers, and creating dissipationless cryogenic rectifiers and memory elements.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Сахнюк П., Замруєва О. Магнітні властивості Джозефсонівських контактів з другою гармонікою в струм-фазовій залежності. Фізика та освітні технології. 2025. Вип. 1. С. 76–82.
- Сахнюк П., Романчук О., Замруєва О., Сахнюк В. Механічна аналогія джозефсонівських контактів із несинусоїдною залежністю струму від різниці фаз. Журнал фізичних досліджень. 2026. Т. 30, № 2. С. 2701 (8 с.).
- Sakhniuk P. V., Zamuruieva O. V., Romanchuk O. M., and Sakhniuk V. E. Josephson diode effect in asymmetric junctions with nonsinusoidal current-phase relation near Tc. Low Temperature Physics. 2026. Vol. 52, Iss. 5. pp. 607–612.
- Сахнюк П. В., Замруєва О. В. Механічна аналогія джозефсонівських контактів із несинусоїдною залежністю струму від різниці фаз. Ма теріали XX Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень» (Луцьк, 12–13 травня 2026 року). Луцьк: Вежа-Друк, 2026. С. 746.
- Сахнюк П. В., Романчук О. М. Діодний ефект у надпровідних контактах поблизу критичної температури. VII-і читання Анатолія Вадимовича Свідзинського: матеріали доповідей (Луцьк, 28 лютого– 01 березня 2026 року). Луцьк: Вежа-Друк, 2026. С. 54.
- P. Sakhniuk, O. Zamurujeva, V. Sakhnyuk. Modeling of distributions of the magnetic flux in long Josephson junctions with nontrivial current-phase relation. The 6th Conference Statistical Physics: Theory and Computer Simulations. Programme and Abstracts (27–29 August 2025, Lviv, Ukraine). Lviv, 2025. P. 122.
- Сахнюк П. В., Замруєва О. В., Івановський А. В., Романчук О. М., Сахнюк В. Є. Динаміка флюксонів у довгих джозефсонівських контактах з другою гармонікою в струм-фазовій залежності. VI-і читання Анатолія Вадимовича Свідзинського: матеріали доповідей (Луцьк, 28 лютого– 01 березня 2025 року). Луцьк: Вежа-Друк, 2025. С. 63.
- Сахнюк П. В., Замруєва О. В., Сахнюк В. Є. Дослідження двовимірного рівняння синус-Гордона в джозефсонівських контактах за допомогою безсіткового методу скінченних точок. Актуальні проблеми фундаментальних наук: матеріали шостої міжнародної конференції, присвяченої пам’яті Джордано Бруно (Луцьк–Світязь, 09–12.06.2025). Луцьк: Вежа-Друк, 2025. С. 157.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Замруєва Оксана Валеріївна

2. Oksana V. Zamuruieva

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0032-0613

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гриб Олександр Миколайович
2. Oleksandr Gryb

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.22

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5772-9861

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 7004101290; Web of Science ResearcherID: GBF-4105-2022

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Золотарюк Ярослав Олександрович
2. Yaroslav O. Zolotaryuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1079-0221

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Войтенко Олександр Іванович
2. Alexander Voitenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0239-7027

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мирончук Галина Леонідівна
2. Halyna L. Myronchuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9088-3825

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Пастернак Ярослав Михайлович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Пастернак Ярослав Михайлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Сахнюк Павло Васильович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна

