



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
професор **Ганна ТОЛСТАНОВА**

(підпис)
М.П.

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2021 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Керований транспорт топологічних збуджень в атомарних схемах для квантових сенсорів та квантових систем обробки інформації
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих вчених
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0032

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0032 «Керований транспорт топологічних збуджень в атомарних схемах для квантових сенсорів та квантових систем обробки інформації»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу **Підтримка досліджень провідних та молодих учених»** протокол від «16-17» вересня 2020 року № 21.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Загальна тривалість виконання проєкту 2020 рік – 2022 рік

Тривалість виконання Проєкту у 2021 році

Початок – 30.04.2021 р.
(дата укладання Договору про виконання наукового дослідження і розробки)

Закінчення – 15.12.2021 р.

Загальна вартість Проєкту, грн. 4 151 730,00

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 488 030,00

2-й рік 1 748 700,00

3-й рік 1 915 000,00

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 5 виконавців, з них:

доктори наук 1;

кандидати наук 0;

інші працівники 4.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(І) СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ

Субвиконавців до проєкту не залучено

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту(до 200 знаків)

Метою проєкту є розробка методів керованого транспорту квантових вихорів між кільцеподібними надплинними атомарними Бозе-Ейнштейнівськими конденсатами.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Досягнення контролю над транспортом стабільних топологічних збуджень в квантових атомарних газах для надчутливих квантових сенсорів та систем обробки квантової інформації. Розробка методу неструктуривної маніпуляції топологічними збудженнями в ультрахолодних атомарних газах.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Тороїдальні надплинні системи стали предметом багатьох експериментальних та теоретичних досліджень, які охоплюють різні аспекти стійких струмів, а також інші супутні явища, наприклад, атомна інтерферометрія, ефекти Джозефсона, поширення звукових хвиль. Ці системи відкривають можливості для фундаментальних і прикладних досліджень квантових систем на макроскопічному рівні.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

Контроль над квантовими топологічними збудженнями відкриває шлях до нових напрямків у квантових технологіях із цікавими застосуванням, починаючи від нових типів квантових датчиків, квантових симуляторів до топологічно захищених стійких квантових обчислень. Однак необхідні додаткові дослідження, щоб запропонувати надійний метод транспортування квантових топологічних збуджень в атомарних системах.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Для досягнення цілей цього проєкту використовуються сучасні теоретичні та чисельні методи аналізу динамічних властивостей надхолодних атомних газів. Результати чисельного моделювання порівнюються з передбаченнями отриманими варіаційними, асимптотичними та іншими наближеними аналітичними методами.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

Досліджено чутливість двокільцевої системи до лінійних прискорень: знайдено область прискорень та амплітуд бар'єру, що з'єднує кільця тригеру, за яких в тригері відбувається перехід вихорів між кільцями.

Вивчено чутливість двокільцевої системи до обертання: знайдено діапазон кутових швидкостей та амплітуд бар'єру, що з'єднує кільця тригеру, для яких в тригері вихоровий транспорт є можливим. Визначені порогові значення кутової швидкості системи в залежності від

часу наростання амплітуди бар'єру для різних значень максимальної амплітуди потенціального бар'єру.

Була досліджена можливість використання зв'язаних потоків в надплинних кільцях як перспективної платформи для побудови квантової системи обробки інформації. Досліджено дворівневу систему, що відповідає двом можливим квантовим станам системи, що відрізняються кутовими моментами двох копланарних кілець.

В атомарному аналозі довгого Джозефсонівського контакту було продемонстровано можливість контролю динаміки Джозефсонівського вихру між двома коаксіальними кільцями Бозе-конденсату. Доведено, що обертальний флюксон може захоплюватись в потенціальній ямі, що створюється оптичним пучком, який порушує азимутальну симетрію системи. Отримані результати відкривають перспективу для розробки квантової системи обробки інформації на основі двоямного потенціалу, подібного до кубіту на основі Джозефсонівських вихорів в надпровідних системах.

Було знайдено стійкі тривимірні вихрові солітонні розв'язки в Бозе-конденсатах з нелокальною взаємодією. Показано, що тривимірні вихрові структури залишаються стійкими при розсіянні одна на одній, відновлюючи свою структуру після квазіпружного зіткнення.

Проаналізовано взаємодію між крайовими квазі-солітонами на двох топологічних решітках зі спіральних нелінійних хвилеводів. Виявлено, що взаємодія між квазі-солітонами залежить від відстані між ними, від їх різниці фаз, інтенсивностей та проковує осциляцію енергій та фаз квазі-солітонів. Були знайдені оптимальні параметри початкової різниці фаз та відстані між квазі-солітонами за яких взаємодія між ними збільшує час розпаду одного з двох квазі-солітонів.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

З огляду на те, що дослідження мають фундаментальний характер, науково-технічна продукція за результатами роботи проекту не передбачена.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Маніпуляції з топологічно захищеними квантовими збудженнями, такими як вихрові лінії та вихори Джозефсона в Бозе-конденсатах, пропонують дуже перспективні альтернативи для нових типів компактних та дешевих квантових датчиків з високим рівнем точності та контролю.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Результати цього проєкту сприятимуть вивченню фундаментальних властивостей взаємодіючих надплинних систем та можуть бути використані у новітніх квантових технологіях для розробки нових типів квантових датчиків та квантових систем обробки інформації.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

доцент кафедри квантової теорії поля фізичного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Якименко Олександр Ілліч

Якименко