Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0822U100395

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-01-2022

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Курятніков Євгеній Ігорович

2. Kuriatnikov Yevhenii Ihorovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 30-12-2021

Спеціальність за освітою: Фізика ядра та фізика високих енергій

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.001.287

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, м. Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.33

Тема дисертації:

1. Нелінійна динаміка тороїдальних Бозеконденсатів.

2. Nonlinear dynamics of toroidal Bose-condensates.

Реферат/анотація:

1. Ця дисертаційна науково-дослідна робота присвячена теоретичному дослідженню нелінійної динаміки тороїдальних Бозе-конденсатів атомарних газів та аксіонної темної матерії із фокусом на аналізі генерації та розпаді стійких надплинних потоків через вихорову взаємодію, а також дослідженні їх стабільності. Активні експериментальні дослідження Бозе-Ейнштейнівських конденсатів атомарних газів ведуться протягом останніх десятиліть. Зараз в експериментальній фізиці йде активна робота із вивчення явищ пов'язаних із надплинністю, дослідження стійких надплинних потоків є одним із таких напрямів. Останнім часом були поставленні численні експерименти із стійкими надплинними атомарними потоками в Бозе-Ейнштейнівських конденсатах (БЕК), захопленими в пастках з кільцевою геометрією. Експерименти з надхолодними газами відкривають дивовижні можливості для фундаментальних досліджень явища надплинності, що може бути використано для виготовлення приладів високоточної метрології. Першим із

напрямів дисертаційного дослідження є опис та аналіз нелінійної динаміки конденсату Бозе-Ейнштейна, що утримується в тороїдальній пастці та приводиться до руху широким відштовхувальним лазерним пучком, який повільно обертається вздовж кільця, утворюючи локалізовану область зменшеної густини (далі в тексті згадується як «слабка ланка»). Така система представляє великий інтерес для дослідження, бо по прямій аналогії із надпровідним контуром із джозефсонівським 2 контактом, може виступати в якості нелінійного інтерферометра. Висока чутливість циркуляційного стану конденсату до кутової швидкості обертання широкого лазеру аналогічна чутливості струму в надпровідному квантовому інтерферометрі до змін зовнішнього магнітного поля. Перспектива використання атомарних Бозе-конденсатів для майбутніх розробок високочутливих приладів, що вимірюють кутові швидкості обертання, вимагає точних моделей, які чисельно відтворюють якісні та кількісні характеристики експерименту. У дисертації знайдені фізичні параметри для коректного чисельного моделювання досліджуваних систем, які максимально точно відтворюють експеримент. В наближенні середнього поля проводилися моделювання динаміки еволюції системи, максимально наближеної до експерименту. Аналітично та чисельно досліджено процеси генерації та розпаду стійких надплинних потоків атомів у тороїдальних Бозе-конденсатах, які супроводжується складною вихоровою динамікою. Наразі неможливо експериментально спостерігати вихорову динаміку в реальному часі без повного або часткового руйнування конденсату, оскільки квантові вихори мають розміри менші за мікрон, попри те, що розміри тороїдальних конденсатів сягають сотень мікрон. Для отримання зображень вихорів конденсат спостерігають у процесі розльоту після вимкнення утримуючої пастки. Саме теоретичні моделі допомагають детально дослідити фізичні закономірності процесів, що відбуваються в експерименті. В дисертації було досліджено явище гістерезису в тороїдальних Бозе-конденсатах. Спочатку система приводиться до руху лазерним пучком, що перемішує конденсат із певною кутовою швидкістю. При досягненні критичної кутової швидкості, система переходить у перший збуджений циркуляційний стан із стійким надплинним потоком, замкненим в кільці. Далі система перемішується лазером і, при досягненні іншої критичної кутової швидкості, відбувається розпад надплинного потоку. Ширина петлі гістерезису визначається різницею критичних частот, яка залежить від інтенсивності лазерного пучка. У дисертаційній роботі були знайдені 3 граничні параметри лазерного пучка, при яких відбувається перехід між квантовими циркуляційними станами, та виходячи із теорії катастроф, була запропонована аналітична апроксимація чисельних результатів. Протягом експерименту частка сконденсованих атомів зменшується за рахунок теплових флуктуацій, що призводить до своєрідного «випаровування» конденсату. Ми продемонстрували, що зменшення числа атомів призводить до зменшення ширини петлі гістерезису.

2. This thesis is devoted to the theoretical study of the nonlinear dynamics of toroidal Bose condensates of atomic gases and axion dark matter with a focus on the generation and decay of persistent currents via vortex interaction and the study of their stability. Experimental studies of Bose-Einstein condensates of atomic gases have started over thirty-five years ago. Experimental physics is actively working on the study of phenomena related to superfluidity. The study of persistent currents is one of the directions of these studies. Recently numerous experiments have been studying persistent currents in Bose-Einstein condensates (BECs) trapped in a ring geometry. Experiments with ultracold gases open up amazing opportunities for fundamental research of the superfluidity phenomenon, which can be used to make high-precision metrology devices. In the first chapters of this work we analyze nonlinear dynamics of Bose-Einstein condensate trapped in a toroidal trap which is driven by a wide repulsive laser beam that rotates slowly along the ring, forming a localized region of the reduced density also called as a "weak link". Such a system is interesting for research, because of analogy with a superconducting circuit with a Josephson contact, it can act as a nonlinear interferometer. The high sensitivity of the condensate's phase to the angular frequency of the wide laser is similar to the sensitivity of the superconducting current in a superconducting quantum interferometer to changes in the external magnetic field. Bose condensates might be used for future developments of highly sensitive devices for measuring angular frequencies. But this requires accurate models that numerically reproduce the qualitative and quantitative characteristics of the experiment. We chose physical parameters for numerical modeling of 8 studied systems with the aim to have the most accurate reproduction of experiments. In the mean field approximation, we simulated condensate dynamics modeling the

experiment. Numerically and analytically studied conditions for the generation and decay of persistent currents in Bose-condensates trapped in toroidal traps. Even though condensate is a macroscopic quantum system of tens or even hundreds of microns in size, quantum vortices are smaller than a micron. To detect vortices, condensate is observed milliseconds after releasing from the trap. Here theoretical models help to study in details the physical processes happening in the experiment.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Якименко Олександр Ілліч
2. Yakimenko Alexander Illich

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Золотарюк Ярослав Олександрович

2. Zolotaryuk Yaroslav Oleksandrovych

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лашкін Володимир Михайлович

2. Lashkin Volodymyr Mykhailovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Приходько Олена Олександрівна

2. Prykhodko Olena Oleksandrivna

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горбар Едуард Володимирович
2. Gorbar Eduard Volodymyrovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради — Колежук Олексій Костянтинович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні — Колежук Олексій Костянтинович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності — Юрченко Т.А.