

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук Андреева П.А. о диссертации НОВИКОВА Александра Николаевича “Нелинейные эффекты в динамике многокомпонентного конденсата Бозе-Эйнштейна”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика в диссертационный совет Д 720.001.01 на базе Объединенного института ядерных исследований.

Диссертационная работа Новикова А.Н. посвящена теоретическому исследованию туннельной и транспортной динамики взаимодействующего конденсата Бозе-Эйнштейна (КБЭ) в ловушках, состоящих из нескольких потенциальных ям. Автором рассматриваются двойные и тройные потенциальные ямы. Проведено систематическое исследование туннельной динамики отталкивающего КБЭ в двойной потенциальной яме при переходе от слабой к сильной связи между его фракциями. Также предложена новая схема транспорта, основанная на обобщении переходов Ландау – Зинера и Розена – Зинера. Исследован транспорт КБЭ в рамках предложенной схемы, установлено благоприятное влияние нелинейности, предложена оригинальная интерпретация результатов. Автор также рассматривает транспорт конденсата в тройной потенциальной яме, реализуемый методом СТИРАП. Проведено систематическое исследование пределов нелинейности, позволяющих реализовать перенос заселённости в циклическом СТИРАП процессе.

Актуальность выполненных исследований не вызывает сомнений, поскольку систематическое исследование туннельной динамики КБЭ и построение универсальных схем транспорта важно как с фундаментальной точки зрения, так и для целого ряда практических приложений. Последнее, прежде всего, обусловлено современными исследованиями в области квантовой интерферометрии и информатики, где крайне важно наличие эффективных методик переноса заселённости взаимодействующего конденсата.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Во введении формулируются проблемы, на решение которых направлена диссертация. Первая глава носит вводный характер и знакомит читателя с основами физики КБЭ. Оригинальные результаты представлены во второй, третьей и четвёртой главах.

Вторая глава посвящена описанию нелинейной динамики КБЭ в ДПЯ. Автор приводит основы туннельной динамики конденсата в ДПЯ (осцилляции Джозефсона и макроскопический квантовый самозахват). Далее следуют оригинальные результаты по систематическому исследованию эволюции динамики отталкивающего КБЭ при переходе от слабой к сильной связи между левой и правой фракциями конденсата. Получено, что данный переход характеризуется трансформацией осцилляций Джозефсона и макроскопического квантового самозахвата в режим высокочастотных осцилляций. Важно, что в случае слабой связи результаты согласуются с экспериментом.

В третьей главе представлены оригинальные результаты по исследованию нелинейного транспорта в двойной потенциальной яме. Исследован транспорт КБЭ, осуществляемый переходом Ландау – Зинера. Получено, что в идеальном КБЭ полный перенос заселённости имеет место при строгом соблюдении условия адиабатичности, соответствующего крайне малым скоростям процесса. Как следует из численных расчётов, включение и дальнейшее увеличение отталкивающего взаимодействия приводит к расширению диапазона скоростей, формируя плато. На основании чего диссертантом сделано заключение о благоприятном влиянии нелинейности на транспорт. Далее описаны недостатки данного метода, для их устранения предлагается обобщение перехода на случай зависящей от времени проницаемости барьера. Фактически, Новиковым А.Н. предлагается обобщение переходов Ландау – Зинера и Розена – Зинера, что даёт новый транспортный протокол, обобщённый переход Ландау – Зинера (ОПЛЗ). Проведено моделирование транспорта в рамках ОПЛЗ. Сравняются результаты обеих транспортных методик, отмечается их различие в адиабатическом пределе, которое исчезает при увеличении скорости процесса. Характерные особенности транспорта (наличие плато скоростей, асимметричное влияние нелинейности) интерпретируются на основе анализа стационарных состояний. Моделирование описанных выше процессов основано на решении уравнения Гросса – Питаевского в рамках двух-модового приближения. Помимо этого, автором выполнено исследование транспорта в рамках более сложной модели, основанной на решении нелинейного, трёхмерного уравнения Гросса – Питаевского для единого параметра порядка. Такой подход позволяет моделировать транспорт в условия, максимально приближенных к экспериментальным, что и было сделано диссертантом. А именно, параметры системы и методика формирования начальных условий соответствуют известному гайдельбергскому эксперименту. Также, в соответствии с методикой данного эксперимента транспортный процесс обеспечивается сдвигом барьера, меняющим первоначальную асимметрию ловушки на противоположную. При этом полностью подтверждаются предсказания для транспорта, полученные в рамках более простой двух-модовой модели. В последнем параграфе главы автором проведено сравнение полученного нелинейного

транспорта с эффектом Джозефсона. Получено, что при скоростях, меньших чем критическая, процесс транспорта с хорошей точностью может рассматриваться как стационарный джозефсоновский ток. Прекращение процесса при критической скорости фактически означает переход к нестационарному (осциллирующему) джозефсоновскому току.

Четвёртая глава посвящена исследованию транспорта КБЭ в тройной потенциальной яме, реализуемого методом СТИРАП. Диссертантом представлена схема реализации СТИРАП, проанализирована возможность её применения для транспорта КБЭ в тройной потенциальной яме. Оригинальный результат главы заключается в исследовании влияния нелинейности на процесс переноса. Показано, что в рамках метода СТИРАП транспорт реализуется только при умеренном значении нелинейности и асимметрии потенциала.

В заключении дано обобщение полученных результатов, сформулированное в виде положений, выносимых на защиту.

Все результаты, представляющие основу диссертации, являются оригинальными и получены с использованием современных численных методик и подходов, применявшихся ранее в других задачах. Это подтверждает обоснованность результатов. Хорошее согласие с теоретическими и экспериментальными данными, полученными другими авторами, а также апробация работы на ряде международных конференций и институтских семинаров говорит о достоверности результатов.

Новизна результатов не вызывает сомнений. В диссертации впервые представлен систематический анализ динамики КБЭ в ДПЯ при переходе от слабой к сильной связи между его фракциями. Сделанное диссертантом обобщение переходов Ландау – Зинера и Розена – Зинера демонстрирует новую схему транспорта, позволяющую реализовать успешный перенос заселённости взаимодействующего КБЭ в широком диапазоне скоростей процесса. Особенности данной схемы являются универсальность и благоприятное влияние нелинейности на процесс переноса. Практическая ценность полученных результатов в приложении к процессам квантовой информатики и интерферометрии несомненна.

Хочу отметить общую высокую оценку диссертации. Диссертация и автореферат написаны чётким, понятным языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. При этом имеется ряд замечаний по содержанию и изложению материала:

- 1) Отсутствует описание численных методов использованных для решения нелинейного уравнения Гросса-Питаевского.
- 2) В главе 4, при описании транспорта в тройной потенциальной яме, представлена аналогия с трехуровневой системой, однако отсутствует объяснение физических механизмов вызывающих транспорт в рассмотренных случаях, как это было выполнено для двойной потенциальной ямы при описании изменения формы барьера и вычисления значения химического потенциала.

Сделанные мною замечания не снижают высокий научный уровень диссертации. Диссертация Новикова Александра Николаевича полностью удовлетворяет всем требованиям “Положения о порядке присуждения учёных степеней”, утверждённого Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Отзыв составлен на 4 (четырёх) страницах.

Официальный оппонент:

ассистент кафедры общей физики
физического факультета МГУ имени
М.В. Ломоносова
119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы,
МГУ им. М.В.Ломоносова, дом 1, строение 2,
Физический Факультет, КОФ.
тел. +7 (495) 9391090
e-mail: andreevpa@physics.msu.ru

кандидат физ.-мат. наук

Андреев Павел Александрович

Андреев 13.11.2014

Подпись Андреева П.А. заверяю.

Декан физического факультета МГУ
профессор



Н.Н. Сыроев

Н.Н. Сыроев