

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию БЕЗВЕРШЕНКО ЮЛИИ ВАСИЛЬЕВНЫ
"Интегрируемых модели квантовых систем во внешних полях",
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.02 - теоретическая физика

Диссертационная работа Ю.В. Безвершенко посвящена исследованию интегрируемых моделей квантовых систем во внешних полях, а также поиска и изучению точно решаемых задач такого типа. Актуальность диссертации обусловлена активным развитием экспериментальных возможностей относительно выборочного воздействия на отдельные квантовые системы и управления их динамикой, что важно, например, для создания элементов квантовых компьютеров. В этом контексте особенно актуальна задача анализа динамики модельных двухуровневых систем, которые ставятся и решаются в диссертации Ю.В. Безвершенко. Поэтому развитие эффективных математических методов, позволяющих решать возникающие задачи, является не только актуальной научной проблемой, но и практически важной задачей. Полученные результаты могут быть применены к широкому кругу физических систем.

Основные результаты диссертационной работы были получены в рамках плановой научной тематики отдела математических методов в теоретической физике Института теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников, который содержит 112 наименований. Работа написана на 142 страницах и содержит 15 рисунков.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, приведены основные результаты работы, обсуждены их научная новизна и практическая ценность. В первом разделе сделан обзор научной литературы по тематике диссертации и введены некоторые базовые понятия, необходимые для дальнейшего изложения.

Мне очень понравился материал второй главы работы, в которой анализируется динамика двухуровневой системы в зависящих от времени внешних полях. Первой задачей этого раздела является изучение динамики спина $1/2$ с помощью магнитного поля, которое объединяет вращающееся поле (задача Раби) и слабое осциллирующее поле вдоль направления постоянного поля. Под действием такого поля третий компонент среднего значения вектора спина (вектора Блоха) осуществляет осцилляции с небольшой амплитудой. Полученный результат обобщен на систему с произвольным спином j . В этой же главе предложен и исследован новый пример точно решаемой задачи динамики двухуровневой системы во внешнем циркулярном поле с амплитудой, которая определяется эллиптической функцией Якоби. Это, в частности, позволяет решить задачу с линейно поляризованным полем или импульсом поля. Получены явные выражения для смещения Блоха-Зигерта. В целом, материал этой главы полезен также для описания вынужденной динамики кубитов.

В третьем и четвертом разделах рассмотрены две физические модели, принадлежащие к классу так называемых моделей Годена, точно интегрируемых и допускающих использование представления Лакса. В работе предложена модифицированная схема их ввода, которая позволяет выразить динамические переменные обеих задач в виде симметричных функций от переменных разделения и имеет ряд других преимуществ.

В третьем разделе изучается модель «центрального спина», описывающая выделенный спин, взаимодействующий с коллективом невзаимодействующих спинов. После введения переменных разделения осуществлено каноническое квантование модели и получены явные выражения для интегралов движения модели и векторов Бете. В четвертом разделе исследуется динамика наблюдаемых величин модели Дикке. Для случая одного атома были получены явные выражения для физических величин, описывающих динамику атома (инверсную населенность уровней и дипольный момент) и поля для различных динамических режимов. Исследована модель Дикке для произвольного количества атомов и предложено ее интегрирование в терминах обобщенных тета-функций.

Интересно также исследование динамики возбуждения в одномерном бозе-конденсате (точнее, квазиконденсате) после резкого изменения параметра взаимодействия (пятый раздел). Анализ проведен на основе традиционного подхода метода обратной задачи. Основным результатом этого раздела является следующее: для эволюции односолитонного возбуждения возможны два сценария. Если отношение начальной скорости звука в квазиконденсате к конечной является целым, то начальное односолитонное состояние распадается на определенное количество солитонных возбуждений. Если же это отношение не является целым, то кроме солитонных возбуждений возбуждаются и моды континуума (Боголюбовские возбуждения). Эта задача интересна в связи с возможностью ее экспериментальной реализации при использовании сверхкоротких лазерных импульсов.

Работа не свободна от недостатков. В главе 2 было бы полезно сравнить полученные результаты для спина $1/2$ с теми, что получаются в рамках подхода на основе $SU(2)$ -когерентных состояний, см. обзор А. Переломова в УФН. Мне представляется, что описание модели Годена могло быть более четким; в частности, в работе не поясняется физический смысл параметров ϵ_i . Кроме того, полезно было бы отметить важный физический пример приложения полученных результатов, а именно, так называемые магнитные молекулы, см. обзор Y. Shapira, V. Bindilatti, J. Appl. Phys. 92, 15 (2002). Наконец, вопрос терминологии: мне представляется неадекватным использование здесь термина «quench», и уж тем более кальки с английского «квенч». Однако сделанные замечания не уменьшают высокой оценки диссертационной работы и ценность полученных результатов.

По материалам диссертации опубликовано 5 статей в научных журналах, результаты диссертации прошли очень хорошую апробацию. В течение 2007-2014 годов диссертант сделала устные доклады на 12 международных и 2 всеукраинских конференциях. Также основные результаты обсуждались на семинарах Института теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины, Института магнетизма НАН и МОН Украины, Национального университета «Киево-Могилянская академия», Университета Палермо (Италия, 2008), на Объединенном семинаре Центра прикладных космических исследований и микрогравитации Университета Бремена и Университета Ольденбурга (Германия, 2012) и на собрании Американского физического общества (APS March Meeting, San Antonio, 2015).

Нет сомнений, что диссертационная работа Ю.В. Безверщенко является завершенной научной работой, которая содержит оригинальные и интересные результаты по ряду актуальных задач современной теоретической физики. Полученные результаты и выводы диссертационной работы имеют практическую ценность. В частности, математические методы, предложенные, или адаптированы в ней, можно использовать для описания бозе-эйнштейновских конденсатов и элементов квантовых компьютеров, а также других задачах теории конденсированной среды. Автореферат правильно отражает содержание и основные результаты диссертации.

Указанное выше позволяет сделать вывод о том, что работа "Интегрируемых модели квантовых систем во внешних полях" отвечает всем требованиям МОН Украины к кандидатским диссертациям, а ее автор Юлия Васильевна Безверщенко заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

Доктор физ.-мат.наук, член-корр. НАН Украины, профессор,
заведующий лабораторией магнитных материалов
отдела теоретической физики
Института магнетизма НАН и МОН Украины

Б. А. Иванов

Подпись Б.А.Иванова заверяю:

Ученый секретарь
Института магнетизма НАН и МОН Украины,
кандидат физ.-мат. наук

А. О. Хребтов