

## ОТЗЫВ на автореферат

диссертации Пичковского Ивана Сергеевича представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ КВАНТОВОГО ОТЖИГА НА СИСТЕМЕ СПИНОВ С  $S = 1$ ».

Специальность: 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Ещё в 1982 году Ричард Фейнман осознал, что для воспроизведения динамики квантовых систем вычислительная машина должна работать в соответствии с законами квантовой механики. Только при этих условиях можно адекватно смоделировать динамическую эволюцию квантовой системы. После этого, по истечении небольшого времени, появились первые работы (в том числе и экспериментальные), в которых делались попытки создания и использования квантовых регистров на ядерных спиновых системах и реализации в них классических математических алгоритмов. Например, разложения числа на простые множители. Фундаментальный интерес именно к ядерным спиновым системам был обусловлен развитием многоимпульсных методов в ЯМР спектроскопии приведшим к появлению многоквантового ЯМР. Упомянутые методы позволили заданным образом изменять гамильтонианы спин-спиновых взаимодействий, «обращать время эволюции вспять» и т.п..

В связи со сложностью процессов, протекающих в спиновых регистрах и, зачастую, практической невозможностью их достаточно корректного аналитического описания, появились исследования, в которых процессы, долженствующие протекать в квантовом регистре, моделировали с помощью численных расчётов посредством обычных ЯМР. Этому и посвящена рецензируемая работа. Это и делает избранную тематику **актуальной**.

В диссертации развивается теория управления системой спинов для решения оптимизационных задач методом квантового отжига. Использование системы спинов с  $S=1$  в магнитном и кристаллическом полях с не эквидистантным энергетическим спектром (квадрупольное взаимодействие), позволило индивидуально управлять состоянием спинов системы с помощью селективных по переходам импульсам высокочастотных электромагнитных полей. На основе численного моделирования рассмотрены несколько «классических» задач: факторизация, машинное обучение, (например, ассоциативной памяти (алгоритм или структура данных, которая позволяет хранить и извлекать информацию на основе ассоциаций между различными элементами)) и кластеризации (разделение множества данных в группы по близости свойств). Отметим, что две последние задачи связаны и с

проблемами искусственного интеллекта. Были найдены целевые гамильтонианы, в основных состояниях которых можно закодировать решения задач, рассчитаны управляющие последовательности импульсов и интервалов свободной эволюции, необходимых для реализации вышеупомянутых целевых гамильтонианов.

Несмотря на большой объём проделанной работы, полученные интересные и значимые физические результаты, следует отметить, что изложение текста в автореферате удивляет своим косноязычием. Сплошь и рядом в предложениях опускаются имена существительные, иногда странным образом употребляются союзы, словесные повторы используются без надобности (есть же синонимы!) и проч.. Я не в состоянии перечислить здесь все огрехи литературного стиля.

Тем не менее, сделанное замечание не снижает общей высокой оценки выполненной работы. В целом, как следует из автореферата, диссертационная работа И.С. Пичковского современна и своевременна, выполнена на весьма высоком уровне и её автор несомненно заслуживает присвоения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Доктор физ.-мат. наук,  
Ведущий научный сотрудник лаборатории теоретической химической физики, Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук,

ЛУНДИН Андрей Арнольдович  
119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4  
тел. +7 (903) 774-20-17,  
e-mail: ya-andylun2012@yandex.ru

22 ноября 2024 года

Подпись, расшифровка подписи:

/А.А. Лундин/

Подпись, расшифровка подписи: /Михалёва М.Г./  
Подпись, удостоверяю. Учёный секретарь ФИЦ ХФ РАН им. Н.Н. Семенова, к.ф.м.н.

