

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бочкина Георгия Алексеевича «Динамика и релаксация многоквантовых когерентностей ЯМР в одномерных спиновых цепочках» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Диссертационная работа Г. А. Бочкина посвящена актуальным проблемам теоретического описания эволюции многоквантовых когерентностей ЯМР в одномерных спиновых цепочках. В работе сформулированы новые закономерности, присущие динамике и релаксации многоспиновых и многоквантовых ЯМР когерентностей. Эти знания в дальнейшем могут быть использованы при решении прикладных задач квантовой информатики, создания и управления большим числом спиновых кубитов.

Результаты и выводы диссертационного исследования расширяют возможности проведения теоретических и численных исследований многоквантовых когерентностей в много/бесконечноспиновых системах, в которых взаимодействие спинов осуществляется по диполь-дипольному механизму. В работе получен целый ряд новых результатов. Наиболее важными и интересными являются следующие результаты:

1. Аналитическое решение для  $0, \pm 2$  ЯМР когерентностей одномерной цепочки произвольного количества спинов во время периода свободной эволюции в  $zz$  приближении. Показано, что все остальные когерентности не возникают. Для нулевой когерентности найдено отличное от нуля стационарное значение.
2. Аналитический расчет вторых моментов форм линий многоквантовых когерентностей ЯМР, развитие на этой основе полуфеноменологической теории релаксации когерентностей нулевого и второго порядков.
3. Численное и аналитическое исследование зависимости эволюции когерентностей от ориентации одномерной спиновой системы относительно внешнего магнитного поля, с учетом гетероядерных фтор – ядра фосфора диполь-дипольных взаимодействий.
4. Сравнения полученных теоретических результатов с экспериментальными данными, показавшее их хорошее согласие.

Существенным достижением является также использование преобразования Йордана-Вигнера, т.е. метода фермионных операторов для исследования многоквантовых когерентностей в этих спиновых системах.

Все результаты диссертации хорошо аргументированы и их достоверность не вызывает сомнений. Достоинством работы также является подробное сравнение полученных аналитических и численных результатов с экспериментальными данными иллюстрирующее их хорошее согласие.

Диссертационная работа Г. А. Бочкина представляет собой завершенное научное исследование. Работа прошла апробацию на известных всероссийских конференциях. Результаты диссертации опубликованы в отечественных и международных научных журналах, имеющих высокий научный статус.

В целом диссертационная работа Г. А. Бочкина полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Главный научный сотрудник  
ФГБУН Институт «Международный томографический  
центр» СО РАН, доктор физико-математических наук  
по специальности 01.04.17 – Химическая физика,  
в том числе физика горения и взрыва, профессор  
«\_20\_» октября 2023 г.



Лукзен Никита Николаевич

тел.: +7 913-987-86-04  
e-mail: luk@tomo.nsc.ru  
адрес: 630090, г. Новосибирск,  
ул. Институтская, д. 3а

Подпись Н. Н. Лукзена заверяю  
Ученый секретарь ФГБУН Институт  
«Международный томографический  
центр» СО РАН

20 октября 2023



Л. В. Яньшолє