

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Циберкина Кирилла Борисовича «КОЛЛЕКТИВНАЯ ДИНАМИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМАГНЕТИКОВ И УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ»**, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

В диссертации Циберкина К.Б. на основе большого объема аналитических и численных расчетов развиваются спинтроника и магноника – подходы к реализации устройств обработки и передачи данных на базе спиновых волн в диэлектриках, тонких плёнках, разбавленных магнитных полупроводниках и др.

Объект изучения данной диссертационной работы это структуры, содержащие 10^1 – 10^4 магнитных центров. Применяемый метод, комбинирование подходов теории сплошной среды, коллективных явлений и нелинейной динамики позволяет перейти к осреднённому описанию систем и реализации эффективных моделей их свойств, получить из первых принципов эмпирические параметры, описывающие динамику спиновых и электронных систем, является эффективным. Изучаемые сложные системы относятся в классу низкотемпературных парамагнетиков, важны для практических применений и являются малоизученными.

Перечислим только некоторые, наиболее интересные, на наш взгляд, поставленные и решенные автором задачи:

Получены уравнения намагниченности, из первых принципов описывающие спин-спиновую релаксацию и спиновую диффузию, путем применением коллективных мод к спиновым системам с дипольным или РККИ-взаимодействием вблизи состояния насыщения в сильном магнитном поле.

В дипольной системе реализуется единая иерархическая структура динамических процессов на различных масштабах: дипольное уширение соответствует процессам со временем поперечной релаксации T_2 , формирование нелинейных волн, солитонов намагниченности происходит на временах квадратичных T_2^2 , и кубичных T_2^3 .

В двухкомпонентной системе реализуются связанные волны намагниченности и солитоны, устойчивые при положительном знаке РККИ-взаимодействия ближайших примесных атомов, и угле между внешним полем и направлением солитонов, меньшим $\arccos(1/3) \approx 57,3^\circ$.

При реализации коллективных мод спад поперечной намагниченности на временах, больших T_2 , идёт по закону $M_x \sim (t/T_2)^{-d/2}$, где d – пространственная размерность системы, и соответствует диффузионному процессу; зависимость отвечает экспериментальным и теоретическим результатам исследований спиновой динамики NV- центров, одномерных цепочек.

Для решения поставленных сложных задач диссертант применил адекватные эффективные аналитические и численные методы. Отметим модель Хаббарда, для электронных систем, которая обладает богатой групповой структурой.

Модели спин-волновой динамики построены применением преобразований Холстейна–Примакова и Дайсона–Малеева к гамильтонианам спиновых систем, включающих дипольное и обменное взаимодействие. Описание электронных свойств реализуется в рамках модели Хаббарда. На базе перечисленных моделей строятся эволюционные уравнения Гейзенберга для решёточных операторов, которые преобразуются к полевым. Используемый численный метод моделирования динамики намагниченности основывается на прямом вычислении уровней энергии и волновых функций спиновой системы с последующим построением в найденном базисе оператора эволюции и прямым вычислением наблюдаемых функций намагниченности.

Достоверность и практическая значимость работы используются в разработке и исследованию перспективных материалов, применимых в устройствах спинтроники и магноники: резонаторах и модуляторах, ячейках памяти, позволяют прогнозировать рабочие частоты, времена хранения и скорость передачи информации в них, нахождение условий устойчивости спиновых состояний в материалах.

В качестве замечания к автореферату, отметим, что теоретическое исследование движения энтропии, и её зависимость от поверхности в сложных малых и, особенно фрактальных системах, становится более важным, чем традиционное исследование превращения энергии и связанных с ней величин.

Заключение. Несмотря на замечание, диссертационная работа Циберкина Кирилла Борисовича выполнена на хорошем научном уровне, она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям. Циберкин Кирилл Борисович заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, факультета Прикладной математики и механики ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский университет» (ПНИПУ), 614990, Россия, г. Пермь. Комсомольский проспект, 29, тел. +7(342)2-198-025, paw@pstu.ru

Кирчанов Вячеслав Сергеевич.

29.07.2025

Я, Кирчанов Вячеслав Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

Кирчанов Вячеслав Сергеевич.



Подпись

ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь
Ученого совета ПНИПУ

В.И. Макаревич

2025 г.