

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОЛЛИНЕАРНЫХ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ МАГНИТНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ В СИСТЕМАХ С КОЛЛЕКТИВИЗИРОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ**

**Овансов М. А.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – д-р физ.-мат. Наук, профессор Уздин В. М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

movansov@gmail.com

Работа выполнена в рамках проекта Института математики ИТМО №432981 «Топология, особые точки и оптимальные траектории на многомерных энергетических поверхностях».

### **Введение**

Магнетизм переходных 3d-металлов обусловлен коллективизированными электронами. Большой интерес для фундаментальной науки и приложений представляют локализованные магнитные неколлинеарные состояния в квазидвумерных слоях 3d-элементов на поверхности тяжелых металлов и кластеры на металлической подложке. Такие состояния могут служить битами информации в новых технологиях магнитной памяти. Одним из ключевых вопросов для устройств памяти является устойчивость состояний относительно тепловых флуктуаций и случайных внешних воздействий. Большинство теоретических работ для оценки времен жизни магнитных состояний предполагают построение энергетических поверхностей на основе локализованных моделей гейзенберговского типа [1]. Целью настоящего исследования является разработка подхода, который использует модели коллективизированного магнетизма, более адекватно описывающие физику таких структур.

### **Основная часть**

Расчеты основаны на модельных гамильтонианах Андерсона для магнитной примеси в немагнитной матрице [2] и Александра-Андерсона для пары примесей [3], которые исследуются в приближении среднего поля. В работе не предполагается параллельности локализованного магнитного момента и оси квантования спинового магнитного момента, что позволяет описывать класс неколлинеарных решений системы. В систему добавлено внешнее магнитное поле, составляющее произвольный угол с направлением момента. Модель обобщается на случаи более сложных магнитных структур, включающих несколько атомов переходного металла [4, 5]. Это открывает возможность самосогласованных расчетов электронной структуры при произвольных направлениях магнитных моментов по отношению друг к другу и к внешнему полю. В рамках разработанной теории рассчитывается энергетическая поверхность системы и исследуется ее эволюция при изменении величины и направления поля. Проведено сравнение результатов с результатами расчета в стандартной модели Гейзенберга. Для магнитного димера в модели коллективизированных электронов возможно несколько магнитных решений при одних и тех же параметрах. Рассматривается вопрос о смене основного и метастабильных состояний при изменении магнитного поля. Развитие теории позволит исследовать устойчивость магнитных структур и сравнивать полученные результаты с данными локализованных моделей, уточняя границы применимости последних.

### **Выводы**

Разработанная теория и проведенные расчеты позволяют найти самосогласованные значения магнитных моментов и энергию металлических систем с коллективизированными электронами. Предложенные методы могут служить основой

для расчета времен жизни более сложных магнитных структур в тонких пленках 3d металлов.

### Литература

1. Лобанов И. С., Поткина М. Н., Уздин В. М. Устойчивость и времена жизни магнитных состояний нано- и микроструктур (Миниобзор) // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2021. Т. 113, №. 12. С. 833–847. <https://doi.org/10.31857/S1234567821120090>.
2. Anderson P. W. Localized Magnetic States in Metals // Physical Review. 1961. Vol. 124. P. 41–53. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.124.41>.
3. Alexander S., Anderson P. W. Interaction between localized states in metals // Physical Review. 1964. Vol. 133. P. A1594-A1603. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.133.A1594>
4. Bessarab P. F., Uzdin V. M., Jónsson H. Calculations of magnetic states and minimum energy paths of transitions using a noncollinear extension of the Alexander-Anderson model and a magnetic force theorem // Physical Review B. 2014. Vol. 89. P. 214424. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.89.214424>.
5. Bessarab P.F., Skorodumov A., Uzdin V.M., Jónsson H. Navigation on the energy surface of the noncollinear Alexander-Anderson model // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 2014. Vol. 5, no. 6. P. 757–781.