

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НА НЕРАВНОВЕСНОЕ КРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ АНИЗОТРОПНОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА

Хитринцева В.В.¹, Прудников В.В.¹

¹⁾ Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, г. Омск, Россия
E-mail: KhitrintcevaVV@stud.omsu.ru

STUDY OF STRUCTURE DEFECTS INFLUENCE ON THE NONEQUILIBRIUM CRITICAL BEHAVIOR OF THE ANISOTROPIC HEISENBERG MODEL

Khitrntseva V.V.¹, Prudnikov V.V.¹

¹⁾ F.M. Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

The Monte Carlo study of structural disorder influence on nonequilibrium critical behavior of three-dimensional anisotropic Heisenberg model has performed. It is shown that presence of disorder leads to radically changes of characteristics of nonequilibrium critical behavior of this model.

Важным вопросом при изучении свойств материалов являются фазовые переходы второго рода и критические явления, поскольку в области фазового перехода происходят радикальные изменения их характеристик, сопровождающиеся возникновением сильно коррелированных и долгоживущих флуктуаций. К наиболее интересным статистическим моделям для описания критических явлений относится трехмерная анизотропная модель Гейзенберга, учитывающая эффекты магнито-кристаллографической анизотропии [1], характерные для реальных объемных материалов.

В ходе работы проведено численное Монте-Карло исследование особенностей влияния точечных дефектов структуры на неравновесное критическое поведение анизотропной модели Гейзенберга с анизотропией типа «легкая ось». Рассматриваются замороженные точечные дефекты структуры, что соответствует наиболее распространенной модели структурного беспорядка в области критического поведения магнитоупорядоченных твердых тел. Гамильтониан структурно неупорядоченной анизотропной модели Гейзенберга представлен в виде [2]:

$$H = -J \sum_i p_i p_j [(1-\Delta) (S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y) + S_i^z S_j^z],$$

где $J > 0$ – константа обменного взаимодействия между спинами, $\{S_i^x, S_i^y, S_i^z\}$ – компоненты трехмерного единичного вектора спина; p_i, p_j - числа заполнения, принимают значения 0 или 1: если в i -м узле находится спин, то $p_i = 1$, иначе $p_i = 0$; Δ - параметр анизотропии. В проводимом исследовании $\Delta = 0.63$ [3].

Рассмотрено неравновесное критическое поведение систем с различной спиновой концентрацией $p = 1.0, 0.9, 0.8, 0.6, 0.5$ при эволюции из

низкотемпературного начального состояния с намагниченностью $m_0 = 1$ и высокотемпературного начального состояния с $m_0 \ll 1$:

1. Выявлены эффекты старения в двухвременной зависимости автокорреляционной функции $C_z(t, t_w)$ и динамической восприимчивости $\chi(t, t_w)$, т.е. замедление временного спада при увеличении «возраста» системы t_w . Возникающее при этом явление «сверхстарения» сильнее проявляется для случая релаксации системы из низкотемпературного начального состояния с $m_0=1$.

2. Исследовано нарушение флуктуационно-диссипативной теоремы и рассчитано значение предельного ФДО.

3. Определено, что критическое поведение трехмерной анизотропной модели Гейзенберга с анизотропией типа «легкая ось» является изингоподобным. В результате, согласно критерию Харриса, дефекты структуры приводят к существенному изменению характеристик неравновесного критического поведения системы как при эволюции из высокотемпературного начального состояния, так и при эволюции из низкотемпературного начального состояния.

4. На основе значений предельного ФДО и критических индексов, определенных из анализа временной зависимости намагниченности, для систем с различными спиновыми концентрациями выявлено три класса универсальности критического поведения, соответствующие чистой, слабо неупорядоченной и сильно неупорядоченной системам.

Исследования проведены с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Центр обработки и хранения научных данных ДВО РАН», финансируемого Минобрнауки России по соглашению № 075-15-2021-663.

1. Прудников В.В., Прудников П.В., Мамонова М.В. Квантово-статистическая теория твердых тел. СПб.: Лань, (2016)
2. Binder K., Landau D.P., Phys. Rev. B, 13,1140, (1976)
3. Прудников П.В., Прудников В.В., Медведева М.А., Письма в ЖЭТФ, 100, 501, (2014)