

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

Ковалев Юрий Викторович

(подпись исследователя)

Отчет по производственной практике: курсовая работа

Научный руководитель:

д.ф.-м.н, профессор В.В. Прудников

Заведующий кафедрой :

д.ф.-м.н., профессор В.В. Прудников

Омск — 2019

# Содержание

|  |          |
|--|----------|
| <b>Введение.</b>                                 | <b>2</b> |
| <b>1 Получение значения <math>T_C</math></b>     | <b>3</b> |
| 1.1 Изотропная модель Гейзенберга . . . . .      | 3        |
| 1.2 Методы исследования . . . . .                | 3        |
| 1.3 Критическая температура . . . . .            | 4        |
| <b>2 Исследование автокорреляционной функции</b> | <b>6</b> |
| 2.1 Автокорреляционная функция . . . . .         | 6        |
| <b>Заключение.</b>                               | <b>7</b> |
| <b>Литература.</b>                               | <b>8</b> |

# Введение

Поведение статистических систем вблизи температуры  $T_C$  фазового перехода второго рода характеризуется чрезвычайно медленной динамикой с аномально большими временами релаксации, стремящимися к бесконечности как  $t_{rel} \sim |T - T_C|^{-z\nu}$ , где  $z$  и  $\nu$  - динамический критический индекс и индекс корреляционной длины соответственно. В этих условиях система демонстрирует ряд особенностей своего неравновесного поведения, такие как явления старения и нарушения флуктуационно-диссипативной теоремы (ФДТ). Эффекты старения наблюдаются только на временах  $t \ll t_{rel}$  и проявляются в форме двухвременной зависимости корреляционной от времени наблюдения  $t$  и времени ожидания  $t_w$ . Целью данной работы является исследование критического поведения изотропной модели Гейзенберга. В исследование критического поведения входит:

- нахождение значения критической температуры  $T_C$  для изотропной модели Гейзенберга с концентрацией спинов  $P = 0.8$ ;
- получение динамических зависимостей автокорреляционной функции  $C(t, t_w)$  при компьютерном моделировании из низкотемпературного состояния с начальной намагниченностью  $m_0 = 1$
- Анализ влияния времени ожидания  $t_w$  на временное поведение автокорреляционной функции;

# 1 Получение значения $T_C$

## 1.1 Изотропная модель Гейзенберга

В данной работе исследуются трехмерная изотропная модель Гейзенберга гамильтониан которой описывается, соответственно, следующим выражением

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} p_i p_j \vec{S}_i \vec{S}_j, \quad (1.1)$$

где  $J$  – константа обменного взаимодействия,  $J > 0$  для ферромагнитной модели,  $S_i^x, S_i^y, S_i^z$  – компоненты трехмерного вектора  $\vec{S}_i$ , который находится в  $i$ -м узле решетки,  $\langle i, j \rangle$  показывает, что суммирование идет по ближайшим соседям,  $p$  – случайное число, принимающие значение 1 или 0,  $p_i$  принимается равным 1, если в  $i$  узле находится спин, и значение 0, если спина в узле нет.

## 1.2 Методы исследования

Для исследования трехмерной изотропной модели Гейзенберга требуется значение критической температуры  $T_C$ , которое к началу исследования было неизвестно. Для нахождения значения критической температуры для данной модели используется метод кумулянтов Биндера.

$$U(L, T) = \frac{1}{2} \left( 3 - \frac{\langle M_4(T) \rangle}{\langle M_2(T) \rangle^2} \right), \quad (1.2)$$

Компьютерное моделирование проводилось с помощью алгоритма Метрополиса. На решетку накладывались периодические граничные условия, которые устраняют влияние поверхностных эффектов и наилучшим образом соответствуют моделированию поведение объемных систем.

### 1.3 Критическая температура

Для получения  $T_c$  проводилось компьютерное моделирование систем с линейными размерами  $L = 24, 36, 48$ . Для локализации  $T_c$  был выбран интервал  $T \in [1, 1.4]$ , с шагом  $\Delta T = 0.02$

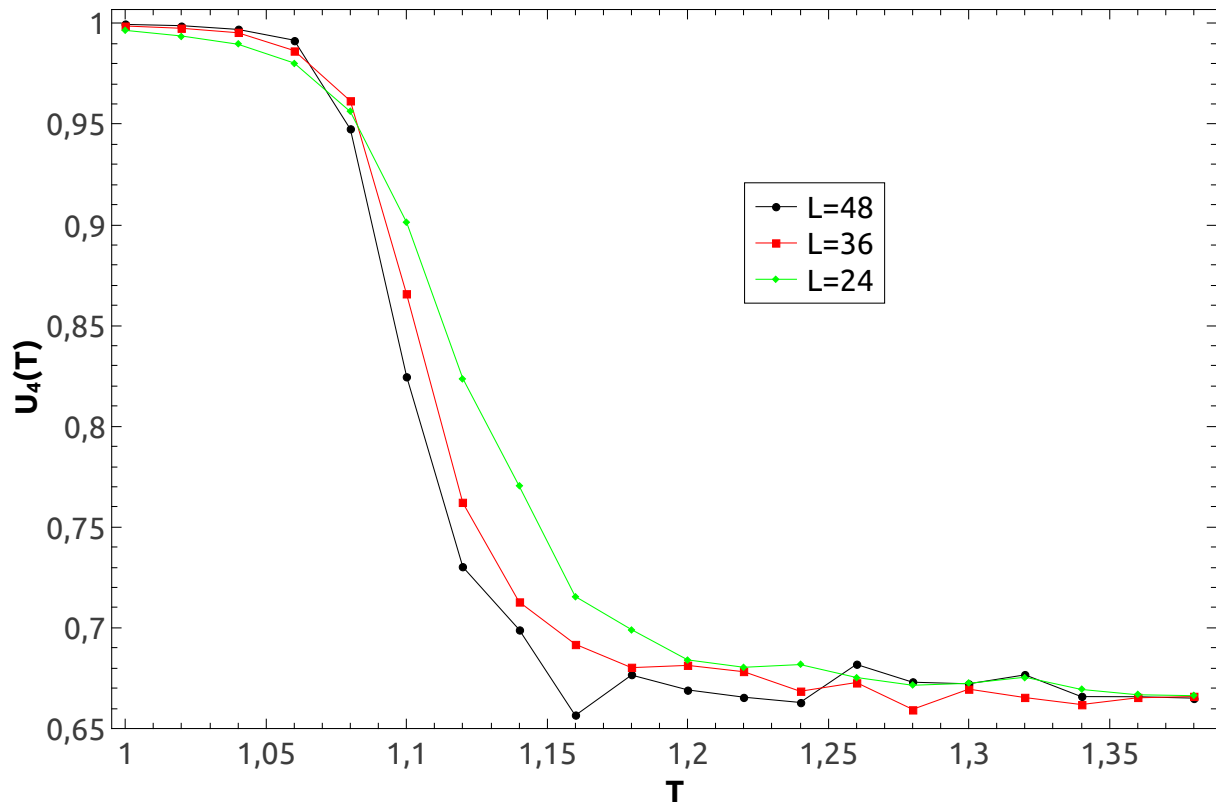


Рис. 1: Температурная зависимость кумулянтов Биндера  $U_4(L, T)$  для  $L = 24, 36, 48$ .

Для дальнейшего исследования была выбран интервал  $T \in [1.07, 1.09]$  с шагом  $\Delta T = 0.002$ .

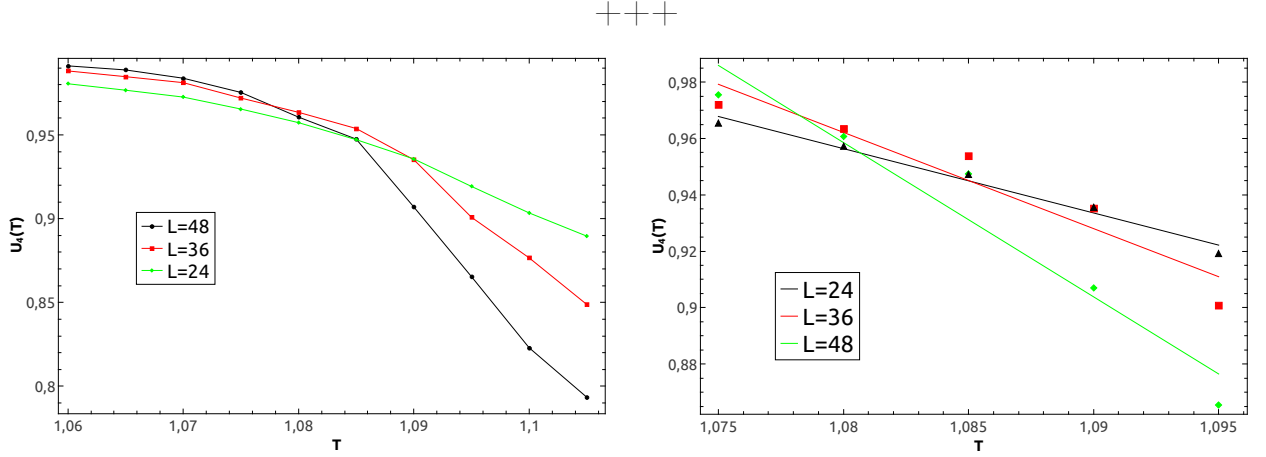


Рис. 2: Температурная зависимость кумулянтов Биндера  $U_4(L, T)$  для  $L = 24, 36, 48$ .

Полученные кумулянты были аппроксимированы в интервале  $T \in [1.075, 1.095]$  и было получено значение критической температуры  $T_C = 1.0813(34)$

## 2 Исследование автокорреляционной функции

### 2.1 Автокорреляционная функция

В данном исследовании критических свойств изотропной модели Гейзенберга в качестве характеристики неравновесного процесса используются такая величина, как двухвременная автокорреляционная функция

$$C(t, t_w) = \left\langle \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \vec{S}_i(t) \vec{S}_i(t_w) \right\rangle - \vec{M}(t) \vec{M}(t_w), \quad (2.3)$$

где угловые скобки обозначают статистическое усреднение по реализациям начального состояния. Время ожидания  $t_w$  характеризует отрезок от момента приготовления образца до момента начала измерения его характеристик.

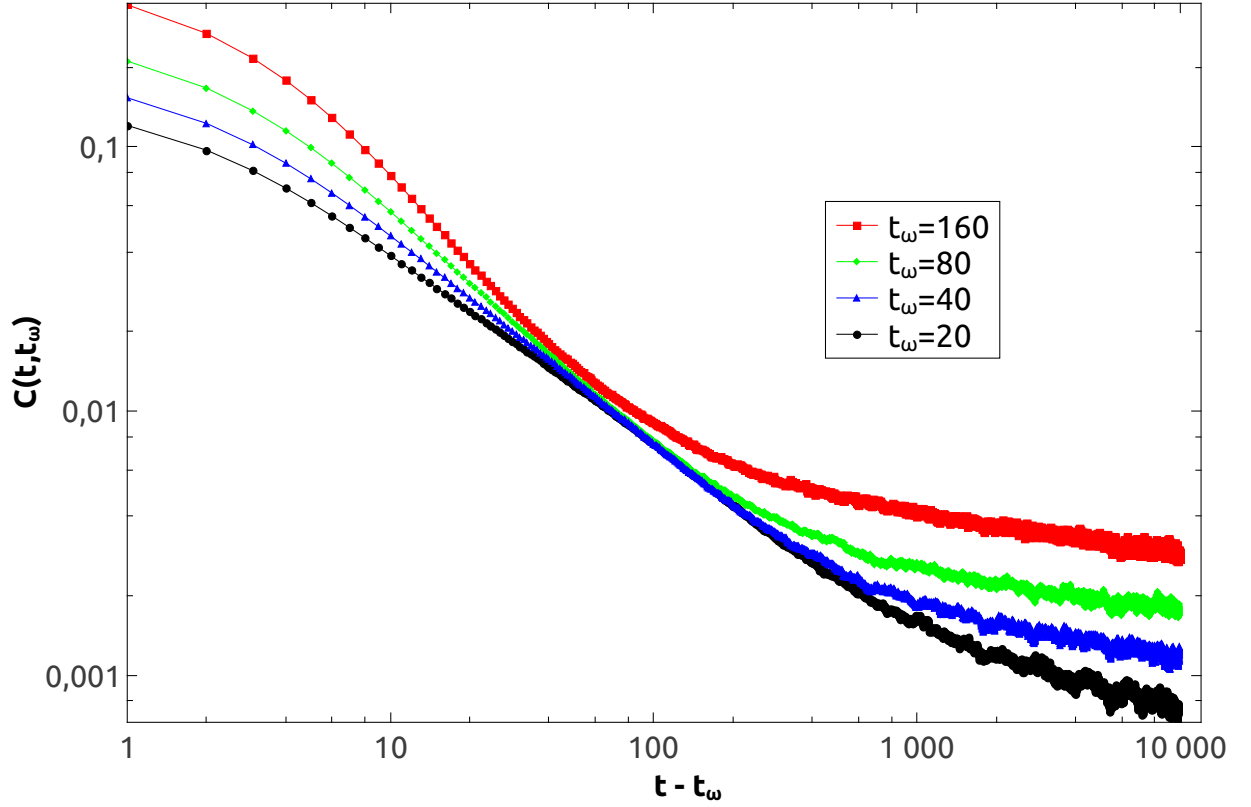


Рис. 3: Динамические зависимости автокорреляционной функции  $C(t, t_w)$  при эволюции системы из низкотемпературного ( $m_0 = 1$ ) начального состояния при времени ожидания  $t_w = 20, 40, 80, 160$  MCS.

## Заключение

Было проведено компьютерное моделирование для трехмерной изотропной модели Гейзенберга. проведено исследование:

- найдено значение критической температуры для анизотропной модели Гейзенберга с анизотропией типа легкая ось  $T_c = 1.0813(34)$ ;
- Были получены динамические зависимости автокорреляционной функции  $C(t, t_w)$  при компьютерном моделировании из низкотемпературного состояния с начальной намагниченностью  $m_0 = 1$

## Список литературы

- [1] Прудников В.В., Прудников П.В., Лях А.С., Поспелов Е.А. Неравновесное критическое поведение трехмерной классической модели Гейзенберга // Вестн. Ом. ун-та. 2018. Т. 23, № 3. С. 64-72. DOI:10.25513/1812-3996.2018.23(3).64-72.
- [2] Прудников В.В., Прудников П.В., Маляренко П.Н., Крижановский В.В. Влияние дефектов структуры на неравновесное критическое поведение трехмерной модели Изинга при эволюции из начального низкотемпературного состояния // Вестн. Ом. ун-та. 2015. № 4. С. 32-38.