

УДК 535.015

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В МОДЕЛИ ИЗИНГА НА ГРАФОВЫХ СТРУКТУРАХ С КОРЕЛЛЯЦИЯМИ СТЕПЕНЕЙ СВЯЗНОСТИ

Никитина М.М.¹

Научный руководитель – д.ф-м.н. Алоджанц А.П.¹

¹Университет ИТМО, Институт перспективных систем передачи данных

В данной работе рассмотрена поперечная модель Изинга на графовых структурах с целью изучения влияния на неё нелинейных эффектов. Рассматривается выявление особенностей фазовых переходов как в пределе нулевой температуры, так и при разных её значениях, а также оценка влияния параметров ассортативности на сеть Барабаши-Альберт.

Ключевые слова: графы, поперечная модель Изинга, нелинейные эффекты, фазовый переход, ассортативность

Введение. В последние годы благодаря стремительно развивающимся квантовым технологиям, возрастает интерес к исследованию фазовых переходов (ФП), а также к влиянию различного рода нелинейных эффектов на их протекание.

Нелинейность, как правило, даже во взаимодействующем газе частиц достаточно мала. Однако, как это будет показано в данной работе, если их (частицы) «упаковать» определенным образом, такая нелинейность может играть весьма существенную роль. Точнее говоря, в работе решается задача «упаковки» частиц с помощью графовых структур, когда каждая частица занимает отдельный узел такой системы, образуя сетевую архитектуру. Для этой задачи хорошо подходит модель Изинга, как раз учитывающая нелинейное взаимодействие спиновых систем с учётом корреляции степеней связности.

Таким образом, в данной работе рассмотрен общий подход к проблеме фазовых переходов, происходящих в сетевой структуре, и обусловленных эффектом конечного размера сети и ассортативностью.

Основная часть. В данной работе рассматривается спиновая система, взаимодействующая с внешним магнитным полем. Каждый спин системы случайным образом занимает N узлов комплексной сети, которая представляется в виде графа с нетривиальными (специфическими) свойствами, вытекающими из топологии, распределения степени узлов и других характеристик.

Коллективные эффекты описываются поперечной моделью Изинга, представляющей собой набор спинов, взаимодействующих как между собой благодаря ферромагнитному обмену, так и с внешним магнитным полем, приложенным перпендикулярно, что приводит к появлению спонтанной намагниченности вдоль этого направления. Также в модели предусмотрен коэффициент, учитывающий влияние нелинейности, основанной на топологии сетевой архитектуры. Данная модель демонстрирует квантовый ФП от упорядоченного состояния к разупорядоченному при нулевой температуре, инициированный квантовыми флуктуациями.

В работе используется термодинамический подход для получения основных уравнений на параметры порядка системы в рамках термодинамически равновесного состояния системы, а также для исследования особенностей фазовых переходов и влияния на них эффектов корреляции.

Основной упор в данной работе делается на изучение влияния топологических свойств сетевой архитектуры и ассортативности на процесс фазовых переходов в диапазоне температур.

Выводы. Изучены особенности формирования и роста сетевой структуры с корреляцией степени узлов (ассортативности) на примере безмасштабной сети Барабаши-Альберт. Была разработана поперечная модель Изинга на графовых структурах с корреляцией степени связанности. С помощью термодинамического подхода получена термодинамическая функция в рамках термодинамически равновесного состояния системы, а также основные уравнения на параметры порядка.

Данное исследование очень важно для квантовой механики и статистики, поскольку такие открытия и наработки дают возможность использования макроскопических квантовых состояний вещества для разработки новых материалов, а данную модель применять в качестве основы для разработки новых алгоритмов передачи информации.

Никитина М.М.

Подпись

Алоджанц А.П.

Подпись