ELEMENTARY EXCITATION OF THE BIMODAL ISING SPIN GLASS ON A SQUARE LATTICE

NOPARIT JINUNTUYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
(PHYSICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2013

Copyright by Mahidol University

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

ELEMENTARY EXCITATION OF THE BIMODAL ISING SPIN GLASS ON A SQUARE LATTICE

NOPARIT JINUNTUYA 5037478 SCPY/D

Ph.D. (PHYSICS)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: JULIAN POULTER, Ph.D., I-MING TANG, Ph.D., SUTHAT YOKSAN, Ph.D.

ABSTRACT

In this thesis we investigate the energy gap of the bimodal Ising spin glass model on a square lattice. We study systems with periodic boundary conditions in one direction, embedded in an infinite ferromagnetic nest in the second direction. The Pfaffian method and degenerate state perturbation theory are used to calculate the degeneracies of the low-lying states. The existence of an energy state can be determined from the non-zero value of its degeneracy. We find that energy gaps depend strongly on the defect concentration and the system size. In the ferromagnetic phase, the energy gap is 4*J*, no matter what the system size is. In the spin glass phase, on the contrary, the energy gap is 2*J* when the system size *L* is odd, while it is 4*J* when *L* is even. For the system with odd *L*, finite size scaling analysis suggests to us that there is a sharp transition concentration p_c = 0.1045(11) where 2*J* excitations start to exist. This value of pc agrees well with the ferromagnetic-spin glass transition concentration found in the literature. We find that the 2*J* excitations are involved with spins across the system. We expect that these spanning excitations are a characteristic of the spin glass phase. We also investigate the distributions of the degeneracies of the 2*J* and 4*J* states, and find that they develop fat tails when *L* is increasing. Sample-to-sample fluctuations of the distributions suggest to us that we cannot expect that the first excited states will dominate the low temperature heat capacity. Elementary excitations of the spin glass model are not represented by the energy gap, and should involve many (if not all) excited states.

KEY WORDS: ±*J* ISING SPIN GLASS / ELEMENTARY EXCITATION ENERGY GAP / EXCITED STATE / PHASE TRANSITION

52 pages

Copyright © by Mahidol University

การกระตุ้นมูลฐานของแบบจำลองไอซิงสปินกลาส แบบทวิฐานนิยม บนโครงผึกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ELEMENTARY EXCITATION OF THE BIMODAL ISING SPIN GLASS ON A SQUARE LATTICE

นพฤทธิ์ จินันทุยา 5037478 SCPY/D

ปร.ด. (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: จูเลี่ยน พอลเตอร์, Ph.D., อี๊ มิน ถัง, Ph.D., สุทัศน์ ยกส้าน Ph.D.

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เราได้ศึกษาช่องว่างพลังงานในแบบจำลองไอซิงสปินกลาส แบบทวิฐานนิยม บนโครงผึกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เราได้ศึกษาระบบที่มีเงื่อนไขขอบแบบเป็นคาบในทิศทางหนึ่ง และเงื่อนไขขอบแบบฝังตัวในโครงข่ายแม่เหล็กเฟโรขนาดอนันต์ในอีกทิศทางหนึ่ง ระเบียบวิธีฟัฟเฟียน และทฤษฎีเพอร์เทอร์เบชันสำหรับระบบที่มีสถานะซ้ำ ถูกใช้เพื่อคำนวณจำนวนซ้ำของสถานะพลังงานในระดับต่ำ การมีอยู่ของสถานะพลังงานสามารถพิจารณาได้จากจำนวนซ้ำที่มากกว่าศูนย์ของสถานะนั้นๆ เราพบว่าขนาดของช่องว่างพลังงานขึ้นอยู่เป็นอย่างยิ่งกับความเข้มข้นของสิ่งเจือและขนาดของระบบ ในสถานะแม่เหล็กเฟโร ช่องว่างพลังงานจะมีค่าเท่ากับ $4J$ โดยไม่ขึ้นกับขนาดของระบบ ตรงกันข้าม ในสถานะสปินกลาส ช่องว่างพลังงานมีค่าเท่ากับ $2J$ เมื่อขนาดของระบบ L เป็นจำนวนคี่ และมีค่าเป็น $4J$ เมื่อ L เป็นจำนวนคู่ จากการวิเคราะห์สเกลลิ่งขนาดจำกัด กับระบบที่ L เป็นจำนวนคี่ ชี้ว่า สถานะพลังงาน $2J$ จะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เมื่อความเข้มข้นของสิ่งเจือ $p_c = 0.0145(11)$ ค่า p_c นี้ สอดคล้องเป็นอย่างดีกับค่าความเข้มข้นที่เกิดการเปลี่ยนสถานะแม่เหล็กเฟโรกับสปินกลาส ที่พบในเอกสารการศึกษาอื่นๆ เราพบด้วยว่าสถานะกระตุ้น $2J$ เกี่ยวข้องกับสปินทั้งระบบ เราเชื่อว่าการกระตุ้นที่กระจายทั้งระบบเช่นนี้ เป็นลักษณะสมบัติของสถานะสปินกลาส เรายังได้ศึกษาการแจกแจงของจำนวนซ้ำของสถานะ $2J$ และ $4J$ และพบว่า การแจกแจงจะมีหางที่หนาขึ้นเมื่อ L เพิ่มขึ้น การกระเพื่อมของการแจกแจงจากตัวอย่างหนึ่งสู่อีกตัวอย่างหนึ่งชี้ให้เห็นว่า เราไม่อาจคาดว่าสถานะกระตุ้นที่หนึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญหลักในการกำหนดค่าความร้อนจำเพาะที่อุณหภูมิต่ำ การกระตุ้นมูลฐานในแบบจำลองสปินกลาสไม่ใช่ขนาดของช่องว่างพลังงาน แต่เกี่ยวข้องกับสถานะกระตุ้นจำนวนมาก (หรือทั้งหมด)

52 หน้า

Copyright by Mahidol University