

การ เปลี่ยน เฟสในแบบจำลองโปรโตไทป์ของสปีนกลาส



นาย ราเชนทร์ รัตนโรจนากุล

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

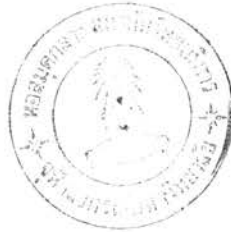
พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-867-1

009186

i 17118712

PHASE TRANSITION IN A PROTOTYPE MODEL OF A SPIN GLASS



Mr. Rachen Ratanarojanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

ISBN 974-564-867-1

Thesis Title Phase Transition in a Prototype Model of a Spin Glass
By Mr. Rachen Ratanarojanakul
Department Physics
Thesis Adviser Dr. I-Ming Tang



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in
Partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

.....*S. Bunnag*.....Dean of Graduate School
(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

.....*Kitt Visoottiviseth*..... Chairman
(Associate Professor Kitt Visoottiviseth, Ph.D.)

.....*I-Ming Tang*..... Member
(I-Ming Tang, Ph.D.)

.....*Pisitha Ratanavararaksa*..... Member
(Assistant Professor Pisitha Ratanavararaksa, Ph.D.)

.....*Wijit Senghaphan*..... Member
(Assistant Professor Wijit Senghaphan, Ph.D.)

.....*Virulh Sa-yakanit*..... Member
(Professor Virulh Sa-yakanit, Fil. Dr.)

Thesis Title Phase Transition in a Prototype Model of a Spin Glass
Name Mr. Rachen Ratanarojanakul
Thesis Advisor Dr. I-Ming Tang
Department Physics
Academic Year 1985



ABSTRACT

The Ising model having the competing interactions has been shown to undergo a phase transition to a spin glass phase using the replica method. Since this method is known to yield some serious discrepancies when applied to the Edwards Anderson model, a different method, the Bethe-Peierls-Weiss method is used to examine the phase transition in the prototype model of a spin-glass.

By applying the self consistency requirement of the Bethe-Peierls-Weiss method, an algebraic equation for the spin-glass order parameter is obtained as a function of the ratio between the strengths of the two competing interactions, the relative concentration of interaction bonds and the temperature. The phase boundaries are determined by examining the equations to find at what temperatures, non zero solutions are possible for a given concentration value c . This is done for $z = 6$ to 10 nearest neighbors in the cluster.

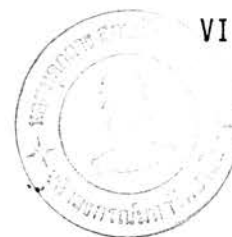
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การ เปลี่ยน เฟสในแบบจำลองโปรโตไทป์ของสปีนกลาส
ชื่อนิพนธ์	นาย ราเชนทร์ รัตนโรจนากุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ไอ-มิง ถัง
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2528



บทคัดย่อ

แบบจำลองไอซึ่งที่มีอันตรกิริยาแบบแข่งขันได้ถูกแสดงว่ามีการ เปลี่ยน เฟสไปยังสปีนกลาสเฟสโดยวิธีการ เรปลิกา เนื่องจากวิธีนี้จะให้ข้อขัดแย้งที่รุนแรง เมื่อประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง เอ็ดเวิร์ด-แอน เดอร์สัน วิธีอื่นคือวิธีการ เบ-เอ-เฟิร์ล-ไวส์ ได้ถูก เสนอขึ้นมาใช้ในการสำรวจการ เปลี่ยน เฟสในแบบจำลองโปรโตไทป์ของสปีนกลาส

โดยการประยุกต์ใช้ข้อบังคับที่สอดคล้องภายในตัวเอง (self consistent) ของวิธีการ เบ-เอ-เฟิร์ล-ไวส์ จะได้สมการที่ชดเชยสำหรับสปีนกลาสออร์เดอร์พารามิเตอร์เป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนระหว่างความแรงของอันตรกิริยาแบบแข่งขันทั้งสอง, ความเข้มข้นสัมพัทธ์ของพันธะอันตรกิริยาและอุณหภูมิ หาชอบ เขตเฟสได้จากการแก้สมการที่หาว่า ϕ อุณหภูมิใดค่าตอบที่ไม่ใช่ศูนย์จึงจะ เป็นไปได้สำหรับค่าความเข้มข้น C ที่กำหนดให้ ซึ่งเราจะคำนวณในกระจุก (cluster) ที่อะตอมใกล้เคียงอะตอมกึ่งกลางมีค่าตั้งแต่ 6 ถึง 10 อะตอม



ACKNOWLEDGEMENTS

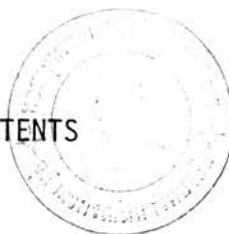
I would like to express my appreciation to Dr. I-Ming Tang for his invaluable advice and help given throughout this work.

I would like to express my gratitude to the thesis committee for their suggestion and reading the manuscript.

I also would like to express my sincere thanks to Mr. Somsak Maneeratanakul for his help about computer program.

Finally, I would like to thank the Computer Laboratory, Physics Department, Chulalongkorn University for permission to use computer (Apple II) to run this work.

TABLE OF CONTENTS



	page
ABSTRACT	IV
ACKNOWLEDGEMENTS.....	VI
LIST OF TABLES.....	IX
LIST OF FIGURES.....	X
CHAPTER I SPIN - GLASS.....	1
1.1 Physical Description.....	1
1.2 Edwards and Anderson Model.....	1
1.3 Sherrington and Kirkpatrick Model.....	2
1.4 Difficulties Existing in the Solution.....	3
1.5 TAP Method.....	3
1.6 Other Techniques to Solve Spin-Glass Problem.	4
1.6.1 Nakanishi Method.....	4
1.6.2 Differential Operators Technique.....	4
1.6.3 The Work of M.W. Klein, L.J.Schowalter and P.Shukla.....	5
1.7 Prototype Model of Spin Glass.....	6
1.8 Difference Between Quenched and Annealed system	6
CHAPTER II FORMULATION OF PHASE BOUNDARY EQUATION.....	8
2.1 Bethe-Peierls-Weiss (BPW) Approximation.....	8
2.2 Delta Function Distribution of Interaction Strengths.....	14
2.3 Free Energy.....	18
CHAPTER III NUMERICAL RESULTS	23

	page
CHAPTER IV CONCLUSION.....	72
REFERENCES.....	75
APPENDIX A THE DERIVATION OF EQUATION (2.19).....	77
APPENDIX B COMPUTER PROGRAMS.....	88
B.1 Program for Evaluating the Approximate Value X and M With $C = 0$	88
B 1.1 Program for Evaluating X When Z,A and M Are Given.....	88
B 1.2 Program for Evaluating M When Z,A and X Are Given.....	89
B.2 Newton-Raphson Method Program.....	90
B.3 Least Squares Method Program for Curve Fitting	91
VITA.....	103

LIST OF TABLES

Table	page
1. The value of M, X and $SQR(X)$ obtaining from Newton-Raphson method for $C = 0$ to 1, $Z = 6$, $A = 0.5$	52
2. As Table 1 for $Z = 6$, $A = 1$	53
3. As Table 1 for $Z = 6$, $A = 1.5$	54
4. As Table 1 for $Z = 6$, $A = 2$	55
5. As Table 1 for $Z = 7$, $A = 0.5$	56
6. As Table 1 for $Z = 7$, $A = 1$	57
7. As Table 1 for $Z = 7$, $A = 1.5$	58
8. As Table 1 for $Z = 7$, $A = 2$	59
9. As Table 1 for $Z = 8$, $A = 0.5$	60
10. As Table 1 for $Z = 8$, $A = 1$	61
11. As Table 1 for $Z = 8$, $A = 1.5$	62
12. As Table 1 for $Z = 8$, $A = 2$	63
13. As Table 1 for $Z = 9$, $A = 0.5$	64
14. As Table 1 for $Z = 9$, $A = 1$	65
15. As Table 1 for $Z = 9$, $A = 1.5$	66
16. As Table 1 for $Z = 9$, $A = 2$	67
17. As Table 1 for $Z = 10$, $A = 0.5$	68
18. As Table 1 for $Z = 10$, $A = 1$	69
19. As Table 1 for $Z = 10$, $A = 1.5$	70
20. As Table 1 for $Z = 10$, $A = 2$	71
21. The value of E, F and G obtaining from least squares method for various value of A and Z.....	92
22. The value of X for various value of A, Z and M.....	95
23. The value of M for various value of A, Z and X.....	98

LIST OF FIGURES

Figure	page
1. Graph for obtaining the approximate value X and M for $Z = 6$, $A = 0.5$	
① = graph from Table 22	
② = graph from Table 23.....	27
2. As Fig. 1 for $Z = 6$, $A = 1$	28
3. As Fig. 1 for $Z = 6$, $A = 1.5$	29
4. As Fig. 1 for $Z = 6$, $A = 2$	30
5. As Fig. 1 for $Z = 7$, $A = 0.5$	31
6. As Fig. 1 for $Z = 7$, $A = 1$	32
7. As Fig. 1 for $Z = 7$, $A = 1.5$	33
8. As Fig. 1 for $Z = 7$, $A = 2$	34
9. As Fig. 1 for $Z = 8$, $A = 0.5$	35
10. As Fig. 1 for $Z = 8$, $A = 1$	36
11. As Fig. 1 for $Z = 8$, $A = 1.5$	37
12. As Fig. 1 for $Z = 8$, $A = 2$	38
13. As Fig. 1 for $Z = 9$, $A = 0.5$	39
14. As Fig. 1 for $Z = 9$, $A = 1$	40
15. As Fig. 1 for $Z = 9$, $A = 1.5$	41
16. As Fig. 1 for $Z = 9$, $A = 2$	42
17. As Fig. 1 for $Z = 10$, $A = 0.5$	43
18. As Fig. 1 for $Z = 10$, $A = 1$	44
19. As Fig. 1 for $Z = 10$, $A = 1.5$	45
20. As Fig. 1 for $Z = 10$, $A = 2$	46
21. Graph showing a functional dependence of the critical temperature T_g on concentration C for various value of Z and A, where Z is the effective number of neighboring	

Figure	page
<p>atoms in the Bethe-Peierls-Weiss approximation, A is the ratio between the strengths of the two competing interactions and k_B is the Boltzmann's constant.....</p>	<p>50</p>
<p>22. Graph showing a functional dependence of the critical temperature T_g on the effective number of neighboring atoms Z in the Bethe-Peierls-Weiss approximation for various value of C and A, where C is the concentration, A is the ratio between the strengths of the two competing interactions and k_B is the Boltzmann's constant.....</p>	<p>51</p>