คลื่นสปินในสารประกอบสปินเนลชนิดเฟอร์รี่แมกเนติก

นางจอมขวัญ ประยูรเวชช์

000297

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาฟิสิกส์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2519

SPIN WAVES IN FERRIMAGNETIC SPINEL COMPOUNDS

Mrs. Chomkwan Prayoonwech

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.

Visid Prachuabmoh .....

(Professor Dr. Visid Prachuabmoh)
Dean

Thesis Commitee ..... Chairman
(Assistant Professor Dr. Wijit Senghaphan)

..... Advisor
(Dr. I-Ming Tang)

..... Member
(Assistant Professor Dr. Virulh Sa-yakanit)

..... Member
(Assistant Professor Dr. Orapin Phaovibul)

Thesis Advisor: Dr. I-Ming Tang

Copyright 1976
by
The Graduate School
Chulalongkorn University

Thesis Title: Spin Waves in Ferrimagnetic Spinel Compounds

By : Mrs. Chomkwan Prayoonwech

Department : Physics

Thesis Title	Spin Waves in Ferrimagnetic Spinel Compounds
Name	Mrs. Chomkwan Prayoonwech
Department	Physics
Academic Year	1976

ABSTRACT

The double-time temperature dependent Green's function method is used to study the spin wave behaviors in a ferrimagnetic normal spinel structure. The Green's functions are obtained by using the Callen decoupling approximation which has been shown to be the physically justifiable decoupling scheme. The correlation functions, magnetization, resonance susceptibility and transition temperatures which are obtained are qualitatively discussed. Qualitative comparisons of our expressions for the resonance susceptibility and transition temperatures with those obtained by Barry for the case of antiferromagnetism and by Yablonskii for the case of ferrimagnetism are made. Emphasis is given to the differences arising from the decoupling scheme we have employed and the decoupling schemes employed by Barry and Yablonskii.

Finally, it is suggested that when certain unresolved mathematical difficulties in our approach are overcome, complete qualitative and quantitative results can be obtained.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คลื่นสปินในสารประกอบสปินเนลชนิดเฟอร์รี่แมกเนติก
ชื่อ	นางจอมขวัญ ประยูรเวชช์ แผนกวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2519

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้วิธีกรีนสฟังก์ชั่นเวลาหวีคูณที่ขึ้นกับอุณหภูมิศึกษาพฤติกรรมของคลื่นสปินในสารประกอบสปินเนลธรรมดาชนิดเฟอร์รี่แมกเนติก กรีนสฟังก์ชั่นในการศึกษานี้ได้มาจากการใช้การประมาณแยกฟังก์ชั่นแบบคาลเลนซึ่งเป็นแผนการแยกฟังก์ชั่นที่มีความหมายทางฟิสิกส์ ได้ศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของคลื่นสปินได้แก่ คอร์รีเลชั่นฟังก์ชั่น, แมกนีไทเซชั่น, ซัสเซบทิบิลิตี้สีโซแนนส์ และอุณหภูมิวิกฤติในเชิงคุณภาพ และทำการเปรียบเทียบเชิงคุณภาพของนิพจน์สำหรับซัสเซบทิบิลิตี้สีโซแนนส์และอุณหภูมิวิกฤติที่ได้จากงานวิจัยนี้กับผลงานของบาร์รี่ในกรณีแอนติเฟอร์โรแมกเนติสซึม และผลงานของยาบลอนสกี้ในกรณีเฟอร์รี่แมกเนติสซึม โดยเน้นหนักในความแตกต่างของแผนการแยกฟังก์ชั่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กับแผนการแยกฟังก์ชั่นในงานของบาร์รี่และยาบลอนสกี้

ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปสู่ผลที่สมบูรณ์ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ เมื่อสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในการวิจัยนี้ได้

ACKNOWLEDGEMENTS

The completion of this work is greatly due to the generous help of Dr. I-Ming Tang who suggests the problem. I wish to express my deep gratitude to him for his many valuable stimulating discussions and continuous helpful guidance throughout this research.

It is also a pleasure to express my appreciation for the encouragements and companionships of my family during this work.

Finally, the kind support of the University Development Commission, National Education Council is gratefully acknowledged.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

Page

ABSTRACT ... iii

ACKNOWLEDGEMENTS ... iv

TABLE OF CONTENTS ... v

LIST OF ILLUSTRATIONS ... viii

CHAPTER 1 INTRODUCTION ... 1

1.1 History of Magnetism ... 1

1.2 The Classification of Magnetism ... 2

CHAPTER 2 THEORIES OF FERRO-, ANTIFERRO- AND FERRIMAGNETISM ... 8

2.1 The Effective Field Theory ... 8

2.1.1 The Weiss molecular field theory ... 8

2.1.2 The Oguchi's method (The constant coupling approximation) ... 16

2.1.3 The Bethe-Peierls-Weiss method ... 17

2.2 The Spin Wave Theory ... 19

2.3 The Holstein-Primakoff Method ... 28

2.4 The Green's Function Method ... 34

2.5 Comparision of the Different Approaches ... 37

Page

CHAPTER 3 GREEN'S FUNCTIONS IN FERRIMAGNETISM 39

3.1 The Normal Spinel Ferrites 39

3.2 The Heisenberg Hamiltonian of the System 42

3.2.1 The Fourier transform of the exchange integrals 44

3.3 The Green's Functions 46

3.3.1 The equations of motion 46

3.3.1a The commutation relation of the spin operators with the Hamiltonian 49

3.3.2 The Callen decoupling approximation 52

3.3.3 The matrix form of the Green's functions 53

3.4 Comparison with Other Works 64

CHAPTER 4 APPLICATIONS OF THE GREEN'S FUNCTIONS 67

4.1 Correlation Functions 67

4.2 Magnetization 70

4.3 Resonance Susceptibility 76

CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS 85

Page

APPENDIX A ... 92

APPENDIX B ... 97

APPENDIX C ... 101

BIBLIOGRAPHY ... 115

VITA ... 119

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure | Page

1 Inverse magnetic susceptibility as a function of temperature. (a) Paramagnet. (b) Ferromagnet. (c) Antiferromagnet. (d) Ferrimagnet. 7

2 Temperature dependence of the magnetic susceptibility of an antiferromagnetic substance 14

3 Illustrating a spin wave with wave vector $\underline{k}$. (a) The precessing spins viewed in perspective. (b) The spins viewed from above, showing one wavelength. (c) The angular relationships between the spins of three successive atoms 20

4 Dispersion relation for spin waves in a ferromagnet in one dimension with nearest neighbour interactions 24

5 A spinel structure, showing the positions of tetrahedral and octahedral sites as well as oxygen ions 41

6 Spinel structures. (a) Normal spinel structure and (b) inverse spinel structure 41