

รีดิวิซ์ เคนซีตีเมตริกซ์สำหรับระบบของไหลยิ่งยวดแบบเฟอร์มิ



นาย ประพนธ์ เขียวรุศล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-781-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016428

T 10305890

REDUCED DENSITY MATRICES  
FOR FERMI SUPERFLUID SYSTEMS

Mr. Prapon Thiankusol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
Department of Physics  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
1990

ISBN 974-577-781-1



Thesis Title            Reduced Density Matrices for Fermi  
                                 Superfluid Systems

By                            Mr. Prapon Thiankusol

Department              Physics

Thesis Advisor        Associate Professor Kitt Visoottiviseth, Ph.D.



-----

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University  
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

*Thavorn Vajrabhaya*  
-----  
Dean of Graduate School  
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

*Pisitha Ratanavararaksa*  
-----  
Chairman  
(Assistant Professor Pisitha Ratanavararaksa, Ph.D.)

*Kitt Visoottiviseth*  
-----  
Thesis Advisor  
(Associate Professor Kitt Visoottiviseth, Ph.D.)

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

*Mayuree Nednapit*  
-----  
Member  
(Assistant Professor Mayuree Nednapit, Ph.D.)

*Ahpsit Ungkitchanukit*  
-----  
Member  
(Ahpsit Ungkitchanukit, Ph.D.)



ประพนธ์ เขียวรุศล : รีดิวซ์เดนซิตีเมตริกซ์ สำหรับระบบของไหลยิ่งยวดแบบเฟอร์มิ

(REDUCED DENSITY MATRICES FOR FERMI SUPERFLUID SYSTEMS) อ.ที่ปรึกษา :

รศ.ดร. กิตต์ วิสุทธิวิเศษ, 57 หน้า. ISBN 974-577-781-1.

จากนิยามของรีดิวซ์เดนซิตีเมตริกซ์และแนวคิดของออฟ ไคอะโกนอล ลองเรนจ์ ออเคอร์ ในตัว  
แทนของฟังก์ชันพิเศษ จะนำมาซึ่งนิยามของฟังก์ชันคลื่นมหภาคของของไหลยิ่งยวดแบบเฟอร์มิ ทำให้สามารถหา  
สมการการเคลื่อนที่ของฟังก์ชันคลื่นมหภาคได้ ซึ่งจะเป็นตัวยืนยันภายใต้การเปลี่ยนแปลงแบบเกจ เมื่อนิยาม  
ความหนาแน่นที่ควบแน่น และความเร็วของส่วนของไหลยิ่งยวดแล้ว สมการทางอุณหอุทกพลศาสตร์ของ  
ปริมาณเหล่านี้สามารถที่จะได้มาจากสมการของฟังก์ชันคลื่นมหภาค.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....

สาขาวิชา .....

ปีการศึกษา .....

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



PRAPON THIANKUSOL : REDUCED DENSITY MATRICES FOR FERMI SUPERFLUID SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KITT VI SOOTTI VI SETH, Ph.D. 57 pp.

From the definition of reduced density matrices and the concept of the off-diagonal long-range order in the coordinate space representation, a macroscopic wave function of Fermi superfluid is defined. The equation of motion for the macroscopic wave function is obtained and is invariant under gauge transformation. When the condensate density and velocity are defined, the thermo-hydrodynamic equations for these quantities can be derived from the macroscopic wave equation.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์  
สาขาวิชา ฟิสิกส์  
ปีการศึกษา ๒๕๓๒

ลายมือชื่อนิสิต ประพนธ์ ธีระกุล  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา พร 3.33m  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม





## ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his gratitude to Associate Professor Dr. Kitt Visoottiviseth, his thesis advisor, for guidance, suggestions and encouragement.

Thanks are also extended to Assistant Professor Dr. Pisistha Ratanavararaksa, Professor Dr. Virulh Sakyakit, Assistant Professor Dr. Mayuree Nednapit and Dr. Ahpisit Ungkitchanukit for acting as members of the thesis committee.

He wishes also like to thank the Professor Dr. Tab Nilanidhi Foundation for supplying the scholarship during the academic year 1985 - 1986.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## CONTENTS

	Page
ABSTRACT.....	iv
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
CHAPTER II THEORY OF SUPERCONDUCTIVITY.....	3
2.1 The Basic Phenomena.....	3
2.2 The London Equations.....	4
2.3 The Ginzburg-Landau Theory.....	5
2.4 The BCS. Theory.....	7
CHAPTER III REDUCED DENSITY MATRICES AND OFF-DIAGONAL LONG-RANGE ORD....	10
3.1 Density Matrix.....	10
3.2 Reduced Density Matrices.....	12
3.3 Off-Diagonal Long-Range Order (ODLRO) .....	14
CHAPTER IV TWO-FLUID MODEL.....	18
4.1 Two-Fluid Model of Superconductivity.....	18
4.2 Galilean Transformation for Operators.....	21
CHAPTER V REDUCED DENSITY MATRICES FOR FERMI SUPERFLUID SYSTEMS	24
5.1 Equation of Motion.....	24
5.2 Gauge Invariance.....	29
5.3 Fourier Transformation of the Wave Equation.....	32
5.4 Two-Fluid Hydrodynamics.....	38



	Page
CHAPTER VI CONCLUSION AND DISCUSSION.....	50
REFERENCES.....	54
VITA.....	57



ศูนย์วิทยพัรพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย