สถานะวอร์เท็กซ์ในระบบควบแน่นแบบโบส-ไอน์สไตน์ของแก๊สที่ถูกกัก

นาย กอบชัย ตายนะศานติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3312-7

VORTEX STATES IN BOSE-EINSTEIN CONDENSATES OF A TRAPPED GAS

Mr. Kobchai Tayanasanti

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Philosophy in Physics

Department of Physics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2002

ISBN 974-17-3312-7

Thesis Title	VORTEX STATES IN BOSE-EINSTEIN CONDENSATES OF A TRAPPED GAS
By	Kobchai Tayanasanti
Field of Study	Physics
Thesis Advisor	Professor Virulh Sa-yakanit, F.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree

..... Dean of Faculty of Science

(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Associate Professor David Ruffolo, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Professor Virulh Sa-yakanit, F.D.)

..... Member

(Associate Professor Wichit Sritrakool, Ph.D.)

..... Member

(Rujikorn Dhanawittayapol, Ph.D.)

..... Member

(Professor Suthat Yoksan, Ph.D.)

กอบชัย ตายนะศานติ : สถานะวอร์เท็กซ์ในระบบควบแน่นแบบโบส-ไอน์สไตน์ของแก๊สที่ถูกกัก (VORTEX STATES IN BOSE-EINSTEIN CONDENSATES OF A TRAPPED GAS) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. วิรุฬห์ สายคณิต , จำนวนหน้า 58 หน้า. ISBN 974-17-3312-7.

เราได้ศึกษาสมบัติในเชิงสถิตย์และพลวัตที่สถานะพื้นของโบสแก๊ซที่ถูกเก็บกักโดยใช้วิธีการอินทิเกรตตามวิถีของอนุภาคหลายตัว เราสามารถคำนวณหาพลังงานที่สถานะพื้นได้ผลตรงกับการคำนวณที่ได้จากวิธีอื่น นอกจากนั้นเราได้ตรวจสอบสถานะถูกกระตุ้นของระบบนี้โดยการเปลี่ยนความเข้มของศักย์เก็บกัก พบว่าความหนาแน่นของกลุ่มแก๊ซ ที่ควบแน่นมีการสั่นตามเวลา ความถี่ของการสั่นนี้มีค่าตรงกับสถานถูกกระตุ้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถวัดได้จากการทดลอง ท้ายที่สุดเราศึกษากลุ่มแก๊ซควบแน่นที่มีสถานะวอร์เท็กซ์อยู่ด้วย พบว่าเมื่อมีการกระตุ้นกลุ่มแก๊ซเราพบการสายของวอร์เท็กซ์รอบจุดศูนย์กลางพร้อมทั้งมีการกระเพื่อมของกลุ่มแก๊ซ

ภาควิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ฟิสิกส์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545

4173801623 : MAJOR PHYSICS
KEY WORD: BOSE-EINSTEIN CONDENSATION / STATISTICAL MECHANICS / PATH INTEGRATION / VORTEX / BREATHING MODE

KOBCHAI TAYANASANTI : VORTEX STATES IN BOSE-EINSTEIN CONDENSATES OF A TRAPPED GAS. THESIS ADVISOR : PROF. VIRULH SA-YAKANIT, F.D., 58 pp. ISBN 974-17-3312-7.

We study the static and dynamic properties of the trapped Bose gas at the ground state by using the many-body path integral techniques. We obtain the ground state energy of the system and it is in agreement with the results obtained by other methods. The excitation of the condensate by changing the trap strength is investigated. We calculate the density of the system and find that it oscillates with time. The frequency of oscillation we derived coincides with the lowest-lying excitation found in the experiment. Finally, we study the excitation of the condensate with vortex and find the fluctuation in density together with the precession of the vortex around the center of the condensate.

Department	Physics	Student's signature.....
Field of study	Physics	Advisor's signature.....
Academic year	2002	

Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to my supervisor, Professor Virulh Sa-yakanit, for his invaluable guidance, encouragement, inspiration and support during the long course of my study in this department. Without him I could not be at this point.

Special thank also goes to the thesis committee: Professor Suthat Yoksan, Associate Professor Wichit Sritrakool and Associate Professor David Ruffolo for their valuable suggestions and comments.

Parts of the work in this thesis were done in Universiteit Instelling Antwerpen, Antwerp, Belgium, where I worked under the collaboration with Professor Josef T. Devreese and Professor Fons Brosens who were never tired of discussing physics with me. Thanks also go to Professor Vladimir Fomin who gave me a lot of helps when I stayed there. During my stay there I was lucky to know my friends and colleagues Mr. Sven Foulon and Mr. Mihail Croitoru whose delightful discussions led to a part of this thesis.

During the time of writing this thesis, I received much of warm support from friends and colleagues at department of physics, Chulalongkorn University. The first to be name is Dr. Rujikorn Dhanawittayapol, who also served as my thesis committee. I am indebted to him for his tremendous help in various ways including correcting some mistakes or misconception in my work. Thanks to Mr. Jessada Sukpitak for his help while I was preparing the manuscript together with his kindness for giving me permission to use his office. I feel gratitude to my friend, Dr. Paisan Nachmahachalasint and his wife Payiarat for their encouragement and helps during the time I was in Antwerp. Mr. Porncharoen Palotaidamkerng and Mr. Itzadah Thongkool also greatly provided me many assistances.

I would like to acknowledge the helpful discussions received from Dr. Udomsilp Pinsook about the topics of Vortex Precession in Bose-Einstein Condensations, and Mr. Supitch Kheamanee for general discussion about path integration.

Many helps and supports from the members of Forum for Theoretical Science is also acknowledged, namely, Mr. Santipong Boriban, Miss Orapin Niamploy, Miss Suphatra Adulratananuwat, Miss Natda Nusso, Miss Khattiya Chalapat, Miss Varintorn Sreetawong and the department staff such as Dr. Chatchai Srinitiworawong, Dr. Auttakit Chataraputi, Dr. Nattakorn Tubthong and Miss Narumon Suwanchandee. I am grateful to Dr. Aphisith Ungkitchanukit and Associate Professor Colonel Chuchart Pitaksakorn for their roles as my mentors for all these years. Very special thank to Miss Patricia Perez Perez for her friendship, supports and encouragement.

The RGJ-Ph.D. Program of the Thailand Research Fund is gratefully acknowledged for providing me financial support.

Last but not least, I would like to thank my parents, my sister Mrs. Chirawan Thongchoo and my uncle Mr. Sawas Tayanasanti for their supports all the course of my study. I am greatly indebted to them.

Table of Contents

List of Figures