

การเคลื่อนที่บราวเนียนแบบควอนตัมโดยวิธีอินทิกรัลตามวิถี



นาย พร.จริญ ฝโลทัยดำเกิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-297-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PATH INTEGRAL APPROACH TO QUANTUM BROWNIAN MOTION



Mr. Porncharoen Palotaidamkerng

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School


Chulalongkorn University

1995

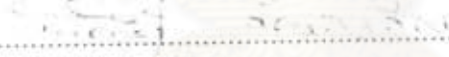
ISBN 974-634-297-5


Thesis Title Path Integrals Approach to Quantum Brownian Motion
By Mr. Porncharoen Palotaidamkerng
Department Physics
Thesis Advisor Professor Virulh Sa-yakanit, F.D.


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

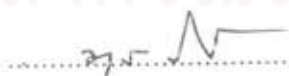

.....Dean of Graduate School
(Associate Proessor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee


.....Chairman
(Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Ph.D.)


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


.....Member
(Dr. David Ruffolo, Ph.D.)


.....Member
(Associate Professor Mayuree Natenapis, Ph.D.)

C525388 : MAJOR PHYSICS
KEY WORD:

PATH INTEGRALS / INFLUENCE FUNCTIONAL / BROWNIAN
MOTION

PORNCHAROEN PALOTAIDAMKERNG : PATH INTEGRAL APPROACH
TO QUANTUM BROWNIAN MOTION. THESIS ADVISOR :
PROF. VIRULH SA-YAKANIT, F.D. 88 pp. ISBN 974-634-297-5

The purpose of this thesis is to study the behavior of quantum Brownian motion by applying the Feynman-Vernon theory which was developed by using Feynman path integrals of non-relativistic quantum theory. By means of the Feynman-Vernon theory plus the specific model of a particle (Brownian particle) suspended in a heat bath of harmonic oscillators, we can describe all behaviors of a Brownian particle in terms of its parameters alone (not on parameters of the heat bath). All effects of the heat bath which influence the Brownian particle can be evaluated in closed form using a functional (the influence functional). Moreover, we can express it in terms of a few parameters such as the phenomenological viscosity coefficient. We also evaluate a reduced density matrix and its propagator which describes the behavior of the Brownian particle only. Finally, we can show that in the limit $\hbar \rightarrow 0$ the result obtained from the Feynman-Vernon theory reduces to the classical result.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อนิสิต พ. น. นิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. วิรุฬห์ สหาย

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



นาย พรเจริญ ผลไทย์ดำเกิง : การเคลื่อนที่บราวเนียนแบบควอนตัมโดยวิธีอินทิกรัลตามวิถี

(PATH INTEGRAL APPROACH TO QUANTUM BROWNIAN MOTION)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ศ.ดร. วิรุฬห์ สายคนิต, 91 หน้า. ISBN 974-634-297-5

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการศึกษาพฤติกรรมของการเคลื่อนที่บราวเนียนของอนุภาคควอนตัมโดยประยุกต์ "ทฤษฎีฟายน์แมน-เวอร์นอน" เข้ากับแบบจำลองจำเพาะอันหนึ่งซึ่งสร้างขึ้นเพื่อการศึกษา พัฒนาการศึกษาของทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานของ "ทฤษฎีควอนตัมเชิงออสซิลัมพัทภาพ แบบอินทิกรัลตามวิถี ของฟายน์แมน" ส่วนแบบจำลองจำเพาะดังกล่าว ก็คือ ระบบร่วมของอนุภาคตัวหนึ่งซึ่งเรียกว่า "อนุภาคบราวเนียน" กับระบบที่แวดล้อมอนุภาคนี้ ซึ่งอาจเรียกว่า "อ่างความร้อน" โดยที่ อ่างความร้อนนี้ประกอบขึ้นจาก "ตัวลิ้นฮาร์โมนิก" จำนวนมากมาย โดยอาศัย "ทฤษฎีฟายน์แมน-เวอร์นอน" ร่วมกับแบบจำลองจำเพาะดังกล่าวนี้ นำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของอนุภาคบราวเนียนในพจน์ที่เป็นพหามิตอร์ของอนุภาคบราวเนียนโดยที่ไม่ต้องเกี่ยวข้องกับพหามิตอร์ของอ่างความร้อนอีกเลย พหามิตอร์ของอ่างความร้อนดังกล่าวสามารถจัดออกไปได้ ผลที่ได้คือ อินฟูเอนซ์ฟังก์ชันนัล ซึ่งแสดงถึงผลกระทบของอ่างความร้อนต่ออนุภาคบราวเนียน และสามารถเขียนฟังก์ชันนัลนี้ในพจน์ของพหามิตอร์ อย่างเช่น สมประสิทธิ์ของความหนืดได้ ในวิทยานิพนธ์นี้ยังได้แสดงการคำนวณหาเมทริกซ์หนาแน่นลดทอน และตัวแผ่กระจายของเมทริกซ์หนาแน่นนี้อย่างละเอียด และเมื่อพิจารณาขีดจำกัดที่ $\hbar \rightarrow 0$ จะนำไปสู่กรณีแบบฉบับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... ฟิสิกส์

สาขาวิชา..... ฟิสิกส์

ปีการศึกษา..... 2558

ลายมือชื่อนิติ..... น.พรเจริญ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... วิรุฬห์ สายคนิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกหาร่วม.....

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to express his sincere appreciation to Professor Virulh Sa-yakanit for his helpful and invaluable suggestions along with the encouragement and the patience he has shown throughout the research. He also wishes to express his sincere thanks to Associate Professor Jong-orn Berananda and Associate Prof. Wichit Sritrakool for their many helpful suggestions.

He would like to thank the thesis committee, Assistant Professor Pisistha Ratanavararaksa, Dr. David Ruffolo, and Associate Professor Mayuree Natenapis for their critically reading the manuscript. Special thanks also go to Dr. Chaisingh PooRakkiat and Dr. Dieter Schuch who did not only patiently read the English manuscript but also helped improving it in many ways, as well as to the author's senior and junior friends at Forum for Theoretical Science, who assist the author in various ways.

Finally, this thesis would not have seen the light of day had it not been for the heroic helps in various ways of the author's lovely family and Miss Worranut Khanisthakul, to whom the author is deeply grateful.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TABLE OF CONTENTS

	page
ABSTRACT IN ENGLISH.....	iv
ABSTRACT IN THAI.....	v
ACKNOWLEDGMENTS.....	vi
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
CHAPTER II INVESTIGATION OF THE THEORY OF BROWNIAN MOTION.....	5
General Assumption and Summary of Brownian Motion.....	5
The Useful Methods on the Theory of Brownian Motion.....	9
Brownian Motion of a Free Particle.....	22
CHAPTER III FEYNMAN PATH INTEGRALS.....	26
Feynman Propagator.....	26
How to Calculate K	31
Statistical Mechanics.....	38
CHAPTER IV FEYNMAN-VERNON THEORY.....	44
Influence Functional.....	44
The General Properties of Influence Functional.....	50
Influence Functional and Statistical Mechanics.....	52
CHAPTER V QUANTUM MECHANICAL MODEL.....	56
Microscopic Model.....	56
A Particle Subject to Classical Random Forces.....	61
The Propagator J	64

The Fokker-Planck Equation.....	70
CHAPTER VI DISCUSSION AND CONCLUSION.....	74
APPENDIX I.....	79
APPENDIX II.....	81
APPENDIX III.....	86
REFERENCES.....	89
CURRICULUM VITAE.....	91



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย