

# ฟังก์ชันตอบสนองและลูกโซ่เชิงเส้นกึ่งอนันต์แบบคาชจิก

นางสาว อรพิน เนิษมทอง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครพนธ์

ภาควิชาศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-476-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# **RESPONSE FUNCTIONS AND CLASSICAL SEMI-INFINITE**

## **LINEAR CHAIN**

**Miss Orapin Niamploy**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science**

**Department of Physics**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1996**

**ISBN 974-636-476-6**

Thesis Title            Response Functions and Classical Semi-Infinite Linear Chain

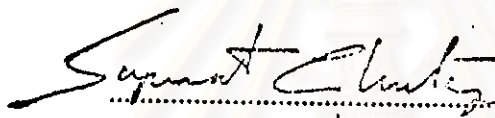
By                        Miss Orapin Niamploy

Department            Physics

Thesis Advisor        Assoc.Prof. Kitt Visoottiviseth, Ph.D.


---

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


..... Dean of Graduate School

(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

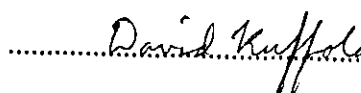
(Associate Professor Wjit Senghaphan, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Associate Professor Kitt Visoottiviseth, Ph.D.)

..... Member

(Associate Professor Mayuree Natenapit, Ph.D.)

..... Member

(David Ruffolo, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว

อรพิน เนียมพลอย : ฟังก์ชันตอบสนองและลูกโซ่เชิงเส้นกึ่งอนันต์แบบคลาสสิก

(RESPONSE FUNCTIONS AND CLASSICAL SEMI-INFINITE LINEAR CHAIN)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. กิตต์ วิศุทธิวิเศษ, 115 หน้า. ISBN 974-636-476-6.

ได้ศึกษาลูกโซ่เชิงเส้นกึ่งอนันต์โดยใช้ฟังก์ชันตอบสนอง โดยที่ มาร์ตินเนซ ได้เสนอวิธีฟังก์ชัน

ตอบสนอง เพื่อศึกษาเรื่องของลูกโซ่ที่ประกอบด้วยอะตอมชนิดเดียวกันกึ่งอนันต์ จึงได้งานของ มาร์ตินเนซ มาประยุกต์ใช้  
กับลูกโซ่ที่ประกอบด้วยไออะตอมกึ่งอนันต์ที่ถูกแรงกระทำ ฟังก์ชันตอบสนองที่กล่าวในที่นี้เป็นฟังก์ชันตอบสนอง ที่เนื่อง  
มาจากแรงและความเร่ง ปัญหาของลูกโซ่ที่ประกอบด้วยไออะตอม ที่เสนอในที่นี้ได้ให้ความสัมพันธ์กันซึ่งกันและกัน  
ฟังก์ชัน และยังให้ฟังก์ชันตอบสนองคู่ควบอีกสองฟังก์ชันด้วย ฟังก์ชันตอบสนองเหล่านี้บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่าง  
การจัดของมวลที่ถูกพิจารณาและการกระจัดของมวลที่อยู่ใกล้ที่สุด และเรายังตั้งสมมติฐานการขนส่งพลังงานในลูกโซ่โดย  
พิจารณาฟังก์ชันพลังงานจากฟังก์ชันตอบสนองเหล่านี้

ปัญหาของลูกโซ่ที่ประกอบด้วยไออะตอมกึ่งอนันต์ที่ถูกแรงกระทำ ที่แก้โดยวิธีฟังก์ชันตอบสนองนี้ยังได้

ถูกนำมาเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ฟังก์ชันบล็อกในการแก้ปัญหาด้วย

ภาควิชา..... ฟิสิกส์  
สาขาวิชา..... ฟิสิกส์  
ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... อรพิน เนียมพลอย  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

\*\* C725769 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD:

RESPONSE FUNCTION/BLOCH FUNCTION/SEMI-INFINITE

ORAPIN NIAMPLOY : RESPONSE FUNCTIONS AND CLASSICAL SEMI-INFINITE LINEAR CHAIN. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. KITTI VISOOTTVISETH, Ph.D. 115 pp.

ISBN 974-636-476-6.

The semi-infinite linear chain has been studied by the response function method, where the response method has been previously worked out in the semi-infinite monatomic chain by E.N. Martinez. Martinez's work has been extended and applied to the forced semi-infinite diatomic chain. Here the response function is the force-acceleration response function. The diatomic chain problem presented here has been proposed to yield two recursion relations and two coupled response functions ( $\chi_1$  and  $\chi_2$ ). These response functions have yielded the relationship between the displacement of the considered mass and the displacement of its nearest mass. We have, in addition, observed the energy transport in the chain by the consideration of the energy flux from these response functions.

The problem of the forced semi-infinite diatomic chain which has been solved by the response function method has also been compared to the Bloch function method.

ภาควิชา..... ฟิสิกส์

สาขาวิชา..... ฟิสิกส์

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... อรพิน นัยมพลอย

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## **ACKNOWLEDGMENTS**

I wish to express my gratitude to Assoc.Prof .Dr. Kitt Visoottiviseth, my thesis advisor, who has generously provided the advice and the assistances. I also wish to express my gratitude to Assoc.Prof.Dr. Wijit Senghaphan, Assoc.Prof.Dr. Mayuree Natenapit and Dr. David Ruffolo, who are my thesis committee. I wish to express my gratitude to all my lecturers who taught me in the undergraduate courses at Mahidol University and the graduate courses at Chulalongkorn University.

Finally, I wish to express my gratitude to my parents for everything that they have done for me.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# CONTENTS

	Page
ABSTRACT IN THAI.....	iv
ABSTRACT IN ENGLISH.....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
LIST OF FIGURES.....	x
LIST OF TABLES.....	xii
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
CHAPTER II.THE INFINITE AND THE SEMI-INFINITE CHAINS.....	3
The Infinite Linear Chain.....	3
2.1 The Infinite Monatomic Linear Chain.....	3
2.2 The Infinite Diatomic Linear Chain.....	5
The Semi-Infinite Linear Chain.....	7
2.3 The Semi-Infinite Monatomic Linear Chain.....	7

2.4 The Semi-Infinite Diatomic Linear Chain.....	8
<b>CHAPTER III BLOCH FUNCTION.....</b>	<b>10</b>
Bloch Function in Solid State Physics.....	11
3.1 The Vibration of Monatomic Lattice.....	11
3.2 The Vibration of Diatomic Lattice.....	13
<b>CHAPTER IV RESPONSE FUNCTION.....</b>	<b>18</b>
The Relationship Between the Cause and the Effect.....	19
The Response Function of the Semi-Infinite Monatomic Chain.....	22
<b>CHAPTER V CLASSICAL SEMI-INFINITE DIATOMIC CHAIN.....</b>	<b>27</b>
The Response Function of the Semi-Infinite Diatomic Chain.....	27
5.1 The Recursion Relations.....	28
5.2 The Response Functions.....	31
The Application for the Response Functions.....	48
5.3 The Motions of the Chain.....	49
5.4 The Energy Transport in the Chain.....	63
<b>CHAPTER VI DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS.....</b>	<b>72</b>



<b>BIBLIOGRAPHY.....</b>	<b>80</b>
<b>APPENDIX.....</b>	<b>83</b>
<b>APPENDIX A : THE EQUATIONS OF MOTION FOR INFINITE</b>	
<b>MONATOMIC AND DIATOMIC CHAINS.....</b>	<b>84</b>
<b>APPENDIX B : THE EQUATIONS OF MOTION FOR</b>	
<b>SEMI-INFINITE MONATOMIC AND DIATOMIC CHAINS.....</b>	<b>87</b>
<b>APPENDIX C : THE PROOF OF BLOCH'S THEOREM.....</b>	<b>91</b>
<b>APPENDIX D : THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CAUSE</b>	
<b>AND THE EFFECT.....</b>	<b>94</b>
<b>APPENDIX E : THE DEFINITION OF THE FOURIER</b>	
<b>TRANSFORM OF THE RESPONSE FUNCTION.....</b>	<b>96</b>
<b>APPENDIX F : THE MATHCAD(MCAD) PROGRAM.....</b>	<b>98</b>
<b>CIRRICURUM VITAE.....</b>	<b>103</b>

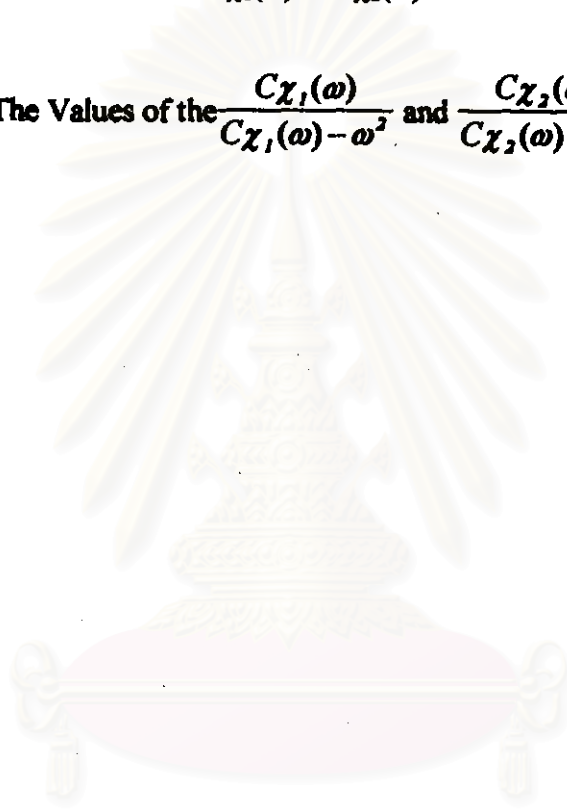
## LIST OF FIGURES

Figure	Page
FIGURE NO.2.1.1 The Infinite Monatomic Linear Chain.....	4
FIGURE NO.2.2.1 The Infinite Diatomic Linear Chain.....	5
FIGURE NO.2.3.1 The Semi-Infinite Monatomic Linear Chain.....	7
FIGURE NO.2.4.1 The Semi-Infinite Diatomic Linear Chain.....	8
FIGURE NO.3.1.1 The Vibration of Monatomic Lattice.....	11
FIGURE NO.3.2.1 The Vibration of Diatomic Lattice.....	14
FIGURE NO.3.2.2 The Dispersion Relation for The Diatomic Chain.....	17
FIGURE NO.4.1 The Cause and the Effect Parameters.....	18
FIGURE NO.4.2 The General Response Function.....	20
FIGURE NO.4.3 The Response Function depending on $t-t'$ .....	20
FIGURE NO.4.4 The Response Function depending on $t-t'$ but $t > t'$ .....	21
FIGURE NO.4.5 The Force is applied to the Semi-Infinite Monatomic Chain.....	22
FIGURE NO.5.1 The Semi-Infinite Diatomic Chain was performed by the Force.....	27

FIGURE NO.5.2.1 The NaCl Structure.....	34
FIGURE NO.5.2.2 The NaCl Structure in One Dimension.....	34
FIGURE NO.5.2.3 The Response Function of $\chi_1(\omega)$ .....	47
FIGURE NO.5.2.4 The Response Function of $\chi_2(\omega)$ .....	48
FIGURE NO.5.3.1 The Recursion Relations.....	61-62
FIGURE NO.6.1 The Real and the Imaginary Parts of $\chi_1$ and $\chi_2$ .....	73
FIGURE NO.6.2 The Recursion Relations of $\chi_1$ and $\chi_2$ .....	76
FIGURE NO.6.3 The Motion at $0 <  \omega  < \omega_1$ .....	77
FIGURE NO.6.4 The Motion when $\omega \rightarrow \omega_1$ .....	77
FIGURE NO.6.5 The Motion at $\omega_2 <  \omega  < \omega_3$ .....	77
FIGURE NO.6.6 The Motion when $\omega \rightarrow \omega_2$ .....	78

## LIST OF TABLES

Table	Page
TABLE NO.1 The Values of the $\chi_1(\omega)$ and $\chi_2(\omega)$ .....	36
TABLE NO.2 The Values of the $\frac{C\chi_1(\omega)}{C\chi_1(\omega)-\omega^2}$ and $\frac{C\chi_2(\omega)}{C\chi_2(\omega)-\omega^2}$ .....	50



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย