

การจำลองการขนส่งรังสีคอสมิกระหว่างดาวเคราะห์ที่ลมสุริยะมีอัตราเร็วเปลี่ยนค่าได้

นายทรงกลด ธีระวงศ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

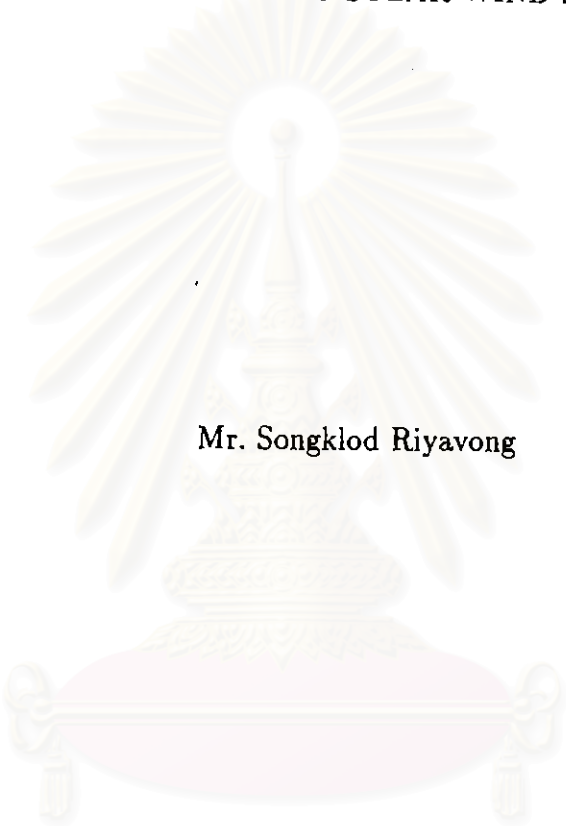
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-484-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIMULATIONS OF THE INTERPLANETARY TRANSPORT OF COSMIC RAYS
WITH A VARYING SOLAR WIND SPEED



Mr. Songklod Riyavong

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

Department of Physics

Graduate School

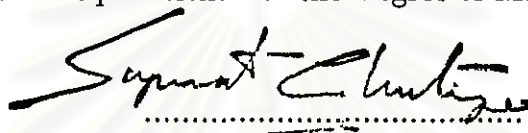
Chulalongkorn University

Academic Year 1996

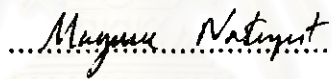
ISBN 974-636-484-7

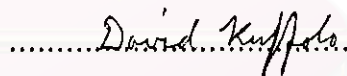
Thesis Title Simulations of the Interplanetary Transport of Cosmic Rays with a Varying Solar Wind Speed
By Mr. Songklod Riyavong
Department Physics
Thesis Advisor David Ruffolo, Ph.D.

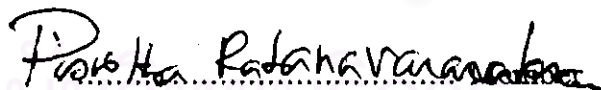
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science.



..... Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse, M.D)

Thesis Committee

.....  Chairman
(Associate Professor Mayuree Natenapit, Ph.D.)

.....  Thesis Advisor
(David Ruffolo, Ph. D.)


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


..... Member
(Ahpisit Ungkitchanukit, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



นาย ทรงกลด ริยะวงศ์ : การจำลองการขนส่งรังสีคอสมิกระหว่างดาวเคราะห์ที่ลมสุริยะมีอัตราเร็วเปลี่ยนค่าได้ (SIMULATIONS OF THE INTERPLANETARY TRANSPORT OF COSMIC RAYS WITH A VARYING SOLAR WIND SPEED) อ. ที่ปรึกษา : ดร. เดวิด รุฟไฟโด้, 100 หน้า. ISBN 974-636-484-7

ได้ศึกษาวิธีการ PLIM เพื่อที่จะนำไปใช้ศึกษาการขนส่งรังสีคอสมิกข้ามคลื่นกระแทกที่เกิดจากการปะทุบนดวงอาทิตย์ เราได้ทดสอบ PLIM กับปัญหาที่เริ่มต้นอย่างง่ายที่เป็นฟังก์ชันแบบขั้นและแบบมีจุดยอด เราพบว่า PLIM สามารถใช้ได้ดีกับฟังก์ชันแบบขั้นเท่านั้น แต่เมื่อนำไปใช้กับฟังก์ชันแบบมีจุดยอดแล้ว PLIM จะให้ผลที่ไม่ค่อยแม่นยำนัก ดังนั้น PLIM จึงไม่สามารถนำมาใช้กับเงื่อนไขเริ่มต้นที่สมจริงที่ใช่ในงานนี้ได้ ดังนั้นเราจึงกลับไปใช้วิธีการเดิมที่พัฒนาโดย รุฟไฟโด้ เพื่อจำลองการขนส่งรังสีคอสมิก โดยเฉพาะอนุภาคที่มีพลังงานสูงในตัวกลางระหว่างดาวเคราะห์ ข้ามคลื่นกระแทกโดยใช้หลักการอนุรักษ์โมเมนตัมแม่เหล็กและขนาดของโมเมนต์ของอนุภาค เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์และแอนไอโซทรอปีของรังสีคอสมิก ก่อนและหลังข้ามคลื่นกระแทก หลังจากนั้นนำผลจากการจำลองเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสังเกตจากยานอวกาศ ISEE-3 เราพบว่าแอนไอโซทรอปีสอดคล้องกันในเชิงคุณภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา ๒๕๓๙

ลายมือชื่อนิสิต ทรงกลด ริยะวงศ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เดวิด รุฟไฟโด้
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

C625424 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD:

COSMIC RAYS / SOLAR FLARE / PIECEWISE LINEAR INTERPOLATION

SONGKLOD RIYAVONG : SIMULATIONS OF THE INTERPLANETARY

TRANSPORT OF COSMIC RAYS WITH A VARYING SOLAR WIND SPEED.

THESIS ADVISOR : DAVID RUFFOLO, Ph.D.

100 PP. ISBN 974-636-484-7

The Piecewise Linear Interpolation Method (PLIM) was studied so as to be used to investigate the transport of cosmic rays across a solar-flare shock. It was tested with simple initial value problems in the form of step and peak functions. We found that PLIM can be applied only to the step function but when applied to the peak function it works rather poorly. Thus it cannot be applied to realistic initial conditions such as in this work. Therefore, we turn to the work developed by Ruffolo instead for simulating the transport of cosmic rays, particularly energetic charged particles in the interplanetary medium, crossing a solar-flare shock, by making use of the conservations of magnetic moment and magnitude of momentum of a particle, so as to study changes in the flux and anisotropy of cosmic rays before and after crossing the shock. Thereafter the results from the simulation were compared with observations from the ISEE-3 spacecraft. We found that the anisotropies agree qualitatively

ภาควิชา..... ฟิสิกส์

สาขาวิชา..... ฟิสิกส์

ปีการศึกษา..... ๒๕๓๕

ลายมือชื่อนิสิต..... ทมทลดา รัชชานนท์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... เดวิด รุฟโฟโล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

Acknowledgments

I gratefully thank my advisor, Dr. David Ruffolo, for his assignment of the research, motivation, guidance and good atmosphere in working. The research has gotten financial support from the Thailand Research Fund and I have gotten a scholarship from the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. I also thank both of them.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table of Contents

	Page
Abstract in English	iv
Abstract in Thai	v
Acknowledgements	vi
List of Figures	ix
Chapter 1 Introduction	1
1.1 The Panorama of the thesis	1
1.2 Objectives	3
1.3 Outline of the thesis	3
1.4 Usefulness of the research	4
Chapter 2 Introduction to Physical Study of Cosmic Rays	5
2.1 Cosmic Rays	5
2.2 Solar Wind	5
2.3 Solar Flare	6
2.4 Anisotropy	6
2.5 Downstream, Upstream Regions and Solar-Flare Shock	7
Chapter 3 Piecewise Linear Interpolation Method	8
3.1 Introduction	8
3.2 Linear, First-Order Partial Differential Equations	9
3.3 The Piecewise Linear Interpolation Method	13
3.4 Numerical Results	27

3.5 Conclusion	34
Chapter 4 Transport of Cosmic Rays Across Shock	35
4.1 Introduction	35
4.2 Reference Frames	35
4.3 Conservation and Lorentz Transformation of Physical Quantities	35
4.4 Numerical Method	39
4.5 Numerical Results	41
4.6 Data Analysis	49
Chapter 5 Conclusion	51
References	52
Appendix A	54
Appendix B	56
Appendix C	58
Cirriculum Vitae	100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Figures

Figure		Page
Figure 2.1	Diagram showing downstream, upstream and shock	7
Figure 3.1	Discretization mesh	15
Figure 3.2	Front-type and triangular distributions	18
Figure 3.3	Schematic diagram showing all parameters on cell boundaries	21
Figure 3.4	Schematic diagram showing I_0 and I_c on a boundary	25
Figure 3.5	Analytic and PLIM solutions of problem 1	29
Figure 3.6	Analytic and PLIM solutions of problem 2	33
Figure 4.1	Initial distribution of particles	42
Figure 4.2	Distribution due to propagation effect	43
Figure 4.3	Distribution due to both propagation and acceleration effects	46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย