

การจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรในอวกาศบนคอมพิวเตอร์

นาย ศรารุธ วันไชยธนวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4113-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 25199729

COMPUTATIONAL SIMULATION OF GALACTIC INTERACTION IN SPACE

Mr. Sarawut Wanchaithanawong

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

Department of Physics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-4113-8

481716

ศราวุธ วันไชยธนวงศ์ : การจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักรในอวกาศบนคอมพิวเตอร์.
(COMPUTATIONAL SIMULATION OF GALACTIC INTERACTION IN SPACE)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบุญลักษณ์, 132 หน้า. ISBN 194-17-4113-8

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการจำลองภาพอันตรกิริยาระหว่างดาราจักร 2 แห่งบนคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีปัญหาวัตถุ 3 ชั้นกรณีจำกัดซึ่งดาราจักรเคลื่อนที่ภายใต้ศักย์แบบเคปเลอร์ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีต่อรูปร่างของดาราจักรรูปร่างประหลาด ที่จะนำไปสู่การจำลองภาพดาราจักรตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับภาพถ่ายจากการสังเกต ความสอดคล้องของผลการจำลองและภาพถ่ายของดาราจักรตัวอย่างจะเป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของการจำลองด้วย

ผลการจำลองแสดงให้เห็นการเกิดโครงสร้างสะพานและหางของดาราจักร ยิ่งอันตรกิริยารุนแรงมากขึ้นส่วนหางก็จะยิ่งยาวมากขึ้นแต่สะพานกลับจะสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว และเมื่อกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆในการเกิดอันตรกิริยาและทิศทางมุมมองไปยังระบบได้อย่างเหมาะสม ผลการจำลองที่ได้ก็น่าสนใจสอดคล้องในแง่ของรูปร่างเมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายที่ได้จากการสังเกตในกรณีของการเกิดโครงสร้างสะพานและหาง แต่ผลการจำลองยังไม่เป็นที่น่าพอใจในกรณีของดาราจักรวงแหวน

ภาควิชา.....ฟิสิกส์.....ลายมือชื่อนักศึกษา.....

สาขาวิชา.....ฟิสิกส์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2548.....

(Handwritten signature and name)
พีรพัฒน์ ศิริสมบุญลักษณ์

4572507323 : MAJOR PHYSICS

KEYWORD: GALAXY / INTERACTION / RESTRICTED / THREE-BODY / SIMULATION

SARAWUT WANCHAITHANAWONG : COMPUTATIONAL SIMULATION OF
GALACTIC INTERACTION IN SPACE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PIRAPAT
SIRISOMBOONLARP, 132 PP. ISBN 974-17-4113-8

This thesis presents the computational simulations of interaction of binary galactic systems. Assume that the galaxies move under the Keplerian potential and the motion of stars are described by restricted three-body problem. The objective of this work is to study the effect of various parameters, such as mass of galaxies, on shape of peculiar galaxies and reproduce these galaxies on computer. Correspond simulation and observational results were used to imply the correction of the simulationing.

The simulation results show the tidal bridges and tails that produce after the interaction of galaxies. Characteristic of these structures depend on the strength of interactions. If galaxy experiences the strong disturbance, the tail stretches longer than the case of weak disturbance and the bridge vanishes rapidly. By the appropriate parameters and direction of viewing, the simulation results show good match to real galaxies, but it is unsatisfactory for ring galaxies.

Department.....Physics.....Student's signature

Field of study.....Physics.....Advisor's signature

Academic year.....2005.....

Sarawut Wanchaitthanawong
Pirapat Sirisomboonlarp

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ต้องขอขอบคุณในความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ. ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบูรณ์ลาภ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะวิธีการทำงาน และตรวจสอบความถูกต้องตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณประธานกรรมการสอบ ผศ. ดร. ขจรยศ อยู่ดี กรรมการสอบ ผศ. ดร. ชัยสิงห์ ภูริรักษ์เกียรติ และ ผศ. ดร. รัชชาติ มงคลนาวิน ที่สละเวลามาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์นี้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 คารากัรและอันตรกิริยาระหว่างคารากัร.....	4
2.1 คารากัร.....	4
2.2 อันตรกิริยาระหว่างคารากัร.....	8
2.2.1 การจำแนกรูปร่างของคารากัรที่เกิดอันตรกิริยา.....	9
2.2.2 แรงไทดัล.....	10
2.2.3 การชนอัตราเร็วสูง.....	12
บทที่ 3 แบบจำลอง.....	14
3.1 ลักษณะและองค์ประกอบภายในคารากัร.....	14
3.2 ปัญหาวัตถุ 3 ชั้นกรณีจำกัด.....	15
3.3 การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างคารากัร.....	17
บทที่ 4 วิธีการทางคณิตศาสตร์และการแสดงผล.....	20
4.1 หน่วยที่ใช้ในการคำนวณ.....	20
4.2 การแก้สมการเชิงอนุพันธ์.....	21
4.3 การแสดงผล.....	24

บทที่ 5 ผลและการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ในการจำลองอันตรกิริยาระหว่างคาราจักร.....	30
5.1 ผลของความเร็วการชน.....	32
5.2 ผลของระยะจุดใกล้.....	34
5.3 ผลของอัตราส่วนมวล.....	36
5.4 การหมุนทางเดียวกันและการหมุนสวนทางกัน.....	37
5.5 ผลของความเอียงของระนาบคาราจักรเทียบกับระนาบวงโคจร.....	40
บทที่ 6 การจำลองภาพของคาราจักรตัวอย่างจากการสังเกต.....	44
6.1 คาราจักรน้ำวน.....	44
6.2 คาราจักรหนู.....	47
6.3 คาราจักรหวนดแมลง.....	50
6.4 คาราจักรลูกอ้อด.....	53
6.5 คาราจักรล้อเกวียน.....	57
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์.....	60
ราชการอ้างอิง.....	63
ภาคผนวก.....	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	132

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์กับลักษณะของตารางที่ผ่านการเกิด อันตรกิริยา.....	61
ตารางที่ ก.1 ความสัมพันธ์ของรูปร่างวงโคจรกับ E และ h	74
ตารางที่ ฉ.1 รายละเอียดของภาพเคลื่อนไหว.....	89

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภาพแบบง่ามของฮับเบิล.....	4
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการจักรวรี.....	5
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการจักรกลีขว.....	6
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการจักรกลีขวแบบแท่ง.....	7
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการจักรเลนส์.....	7
รูปที่ 2.6 เมฆแมกเจลแลนใหญ่.....	8
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการจักรที่เกิดอันตรกิริยารูปแบบต่างๆ.....	10
รูปที่ 2.8 แรงไทดัลสำหรับระบบ 3 มิติ.....	11
รูปที่ 2.9 กราฟของสมการที่ (2.8).....	13
รูปที่ 3.1 การจักรงานแบนที่มีดาวโคจรเป็นวงกลมรอบแก่นกลาง.....	14
รูปที่ 3.2 การจักรที่ทำมุมเอียงกับระนาบ x-y.....	15
รูปที่ 3.3 ระบบวัตถุ 3 ชั้น.....	16
รูปที่ 3.4 ทางโคจรแบบเคปเลอร์ของวัตถุ 2 ชั้น.....	17
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างวงโคจร.....	21
รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งของดาวที่เวลาเริ่มต้น.....	22
รูปที่ 4.3 การแสดงตำแหน่งของการจักร โคขให้จุด C.M. เป็นจุดอ้างอิง.....	25
รูปที่ 4.4 ภาพจำลองของอันตรกิริยาระหว่างการจักรที่มองจากมุมมองที่ต่างกัน.....	28
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระนาบท้องฟ้ากับระนาบวงโคจร.....	29
รูปที่ 4.6 การระบุทิศทางมุมมองไปยังระนาบ x-y.....	27
รูปที่ 5.1 แสดงผลการจำลองกรณีระบบ 2 มิติ.....	31
รูปที่ 5.2 ภาพที่เวลา $t = 4.57$ ของรูปที่ 5.1.....	32
รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบอันตรกิริยาระหว่าง 3 วงโคจร.....	33
รูปที่ 5.4 ภาพอันตรกิริยาระหว่างการจักรเมื่อเปลี่ยนค่า q	35
รูปที่ 5.5 แสดงภาพอันตรกิริยาระหว่างการจักรที่มีอัตราส่วนมวลที่ต่างกัน.....	36
รูปที่ 5.6 ภาพอันตรกิริยาระหว่างการจักร ที่มีอัตราส่วนมวล $M_2/M_1 = 100$	37
รูปที่ 5.7 ผลของทิศทางมุมมองของการจักร.....	39
รูปที่ 5.8 การหมุนสวนทางที่การจักรทั้งสองมีดาวโคจรอยู่โคจรอบ.....	39
รูปที่ 5.9 ภาพการจำลองที่การจักรมีความเอียงของระนาบที่ต่างกัน.....	41
รูปที่ 5.10 ภาพการจำลองมองจากด้านข้างของการจักรที่มีความเอียงของระนาบต่างกัน.....	42
รูปที่ 5.11 ภาพกรณีเดียวกันกับรูปที่ 5.10 แต่ให้ $M_2/M_1 = 10$	43

	หน้า
รูปที่ 6.1 คารากักรน้ำวน.....	44
รูปที่ 6.2 ระบบตอนเริ่มต้นจำลองภาพคารากักรน้ำวน.....	45
รูปที่ 6.3 แสดงกระบวนการเกิดคารากักรน้ำวน.....	46
รูปที่ 6.4 ภาพการจำลองคารากักรน้ำวนที่เวลา $t = 2.43$	46
รูปที่ 6.5 คารากักรหนู.....	47
รูปที่ 6.6 ระบบตอนเริ่มต้นการจำลองคารากักรหนู.....	48
รูปที่ 6.7 ภาพกระบวนการเกิดคารากักรหนู.....	48
รูปที่ 6.8 ภาพการจำลองคารากักรหนูที่เวลา $t = 3.50$	49
รูปที่ 6.9 คารากักรหนวดแมลง.....	50
รูปที่ 6.10 ระบบตอนเริ่มต้นจำลองภาพคารากักรหนวดแมลง.....	51
รูปที่ 6.11 ภาพกระบวนการเกิดคารากักรหนวดแมลง.....	51
รูปที่ 6.12 ภาพการจำลองคารากักรหนวดแมลงที่เวลา $t = 2.20$	52
รูปที่ 6.13 คารากักรลูกอ๊อด.....	53
รูปที่ 6.14 ระบบตอนเริ่มต้นจำลองภาพคารากักรลูกอ๊อด.....	54
รูปที่ 6.15 ภาพกระบวนการเกิดคารากักรลูกอ๊อด.....	55
รูปที่ 6.16 ภาพการจำลองคารากักรลูกอ๊อดที่เวลา $t = 3.50$	56
รูปที่ 6.17 คารากักรลื้อเกวียน.....	57
รูปที่ 6.18 ระบบตอนเริ่มต้นจำลองภาพคารากักรลื้อเกวียน.....	58
รูปที่ 6.19 ภาพกระบวนการเกิดคารากักรลื้อเกวียน.....	58
รูปที่ 6.20 ภาพการจำลองคารากักรลื้อเกวียนที่เวลา $t = 0.63$	59
รูปที่ ก.1 รูปวงรี.....	66
รูปที่ ก.2 รูปพาราโบลา.....	68
รูปที่ ก.3 รูปไฮเพอร์โบลา.....	69
รูปที่ ก.4 ระบบวัตถุ 2 ชั้น.....	70
รูปที่ ข.1 ระบบวัตถุ 3 ชั้น.....	76
รูปที่ ง.1 แสดงทิศทางสัมพัทธ์ของระบบพิกัด (x, y, z) และ (x', y', z')	81
รูปที่ ง.2 การหมุนรอบแกน z' เป็นมุม ω	82
รูปที่ ง.3 การหมุนรอบแกน x' เป็นมุม i	83
รูปที่ ง.4 การหมุนรอบแกน z เป็นมุม Ω	83
รูปที่ จ.1 หน้าแรกของโปรแกรม.....	85

รูปที่ จ.2 หน้ากำหนดค่าพารามิเตอร์.....	86
รูปที่ จ.3 หน้าแสดงผล.....	87