

การหามวลและหลักรวมทางโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ



นาย ชุมพล วิจิตรนาคม

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-3804-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETERMINATION OF MASSES AND ORBITAL ELEMENTS
OF EXTRASOLAR PLANETARY SYSTEMS

Mr. Chumpon Wichittanakom



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

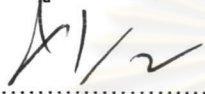
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Physics

Department of Physics
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2005
ISBN 974-14-3804-4

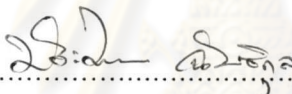
หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
สาขาวิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

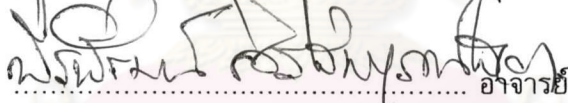
การหามวลและหลักรวมทางโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ
นาย ชุมพล วิชิตธนาคม
ฟิสิกส์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบูรณ์ลาภ


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

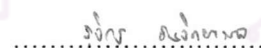

..... รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธารพงษ์ วิทิตสานต์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประไพพรรณ ฉันทิกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบูรณ์ลาภ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุดมศิลป์ ปิ่นสุข)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. รุจิกร ธนวิทยาพล)

ชุมพล วิจิตรนาคม : การหามวลและหลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ.
(DETERMINATION OF MASSES AND ORBITAL ELEMENTS OF EXTRASOLAR
PLANETARY SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบุญรัตน์ลาภ, 66 หน้า.
ISBN 974-14-3804-4.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาวิธีและกระบวนการวิเคราะห์ผลจากการสังเกตการณ์ความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ 4 ดวง ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับดวงอาทิตย์ จากศูนย์สำรวจทางดาราศาสตร์ 2 แห่ง คือ หอดูดาวแองโกล-ออสเตรเลีย (Anglo-Australian Observatory) และหอดูดาวเค็ค (Keck Observatory) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล (Microsoft Excel) โดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข เพื่อหามวลและหลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์รอบดาวฤกษ์นั้น

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นความแตกต่างของระบบดาวเคราะห์ที่ศึกษา กับระบบสุริยะของเรา โดยดาวเคราะห์ HD13445 b, HD75289 b และ HD83443 b เป็นดาวเคราะห์ยักษ์ซึ่งโคจรอยู่ใกล้กับตัวดาวฤกษ์มากกว่าระยะห่างระหว่างดาวพุธกับดวงอาทิตย์ และดาวเคราะห์ HD70642 b ทางโคจรมีลักษณะเป็นวงรีมาก จากข้อมูลดาวเคราะห์ทั้ง 4 ดวงที่หามาได้ พบว่าค่าครึ่งแกนเอกคาบทางโคจร และมวลน้อยที่สุดมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความรี และระยะแนวของจุดใกล้ดาวฤกษ์ ยังมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง

ภาควิชา ฟิสิกส์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ชุมพล วิจิตรนาคม

Prof. Dr. P. Siribunyanthana

4572279223 : MAJOR PHYSICS

KEY WORD: ORBITAL ELEMENTS / EXTRASOLAR PLANET / EXOPLANET /
RADIAL VELOCITY / SPECTROSCOPIC METHOD / DOPPLOR SHIFT

CHUMPON WICHITTANAKOM: DETERMINATION OF MASSES AND ORBITAL
ELEMENTS OF EXTRASOLAR PLANETARY SYSTEMS. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. DR. PIRAPAT SIRISOMBOONLARP, 66 pp. ISBN 974-14-3804-4.

This thesis is to develop the process and to analyze the observed data regarding precise radial velocity measurements of the 4 Sun-like stars from the Anglo-Australian Observatory (AAO) and the Keck Observatory. The data was analyzed with Microsoft Excel by the numerical method to find masses and the orbital elements of planets around their stars.

The results show that their planetary system can be very different from our own solar system. HD13445 b, HD75289 b and HD83443 b planets are giant planets that its orbit path is closer to their stars than the distance between Mercury to the sun, and HD70642 b has highly elliptical orbits. These four planets have errors associating with semi-major axis, orbital period and minimum masses less than 10%, although their eccentricity and the longitude of periastron still have relatively high errors.

Department of Physics
Field of study Physics
Academic year 2005

Student's signature... *Chumpon Wichittanakom*
Advisor's signature... *Pirapat Sirisomboonlarp*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีรพัฒน์ ศิริสมบูรณ์ลาม อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ ความเข้าใจ คำปรึกษา และทัศนคติ ตั้งแต่ปริญญาตรีจบ
จนกระทั่งปริญญาโท

ขอขอบคุณประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ประไพพรรณ ฉันทกุล
กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุดมศิลป์ ปิ่นสุข และอาจารย์ ดร.รุจิกร ธนวิทยาพล ที่
สละเวลามาให้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์นี้ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

สุดท้ายขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชาย สำหรับกำลังใจที่มีให้ และความรักที่
สดใสที่สุดในระบบสุริยะแห่งนี้



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ธรรมชาติของดาวเคราะห์ และดาวฤกษ์.....	3
2.1 กฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ของเคปเลอร์.....	3
2.2 ทางโคจรรูปวงรี.....	5
2.3 หลักมูลทางโคจร.....	12
2.4 แพร็ลแลกซ์.....	13
2.5 ความสว่างปรากฏ และสภาพส่องสว่าง.....	14
2.6 สเปกตรัมของดาว.....	16
บทที่ 3 ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ.....	19
3.1 นิยาม และชนิดของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ.....	19
3.2 การตรวจหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ.....	20
บทที่ 4 วิธีความเร็วตามแนวสายตา.....	24
4.1 ความเร็วตามแนวสายตา.....	24
4.2 เส้นโค้งความเร็ว.....	25
4.3 การหาหลักมูลทางโคจร.....	26

บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผล.....	35
5.1 หลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์ HD13445 b.....	35
5.2 หลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์ HD70642 b.....	44
5.3 หลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์ HD75289 b.....	49
5.4 หลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์ HD83443 b.....	53
5.5 สรุปผล.....	58
รายการอ้างอิง.....	63
บรรณานุกรม.....	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	66



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD13445.....	36
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD13445 ในช่วงเวลา 15.94 วัน.....	37
ตารางที่ 5.3 ข้อมูลความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD70642.....	45
ตารางที่ 5.4 ข้อมูลความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD75289.....	49
ตารางที่ 5.5 ข้อมูลความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD83443.....	53
ตารางที่ 5.6 ข้อมูลดาวเคราะห์ HD13445 b ระหว่างค่ามวล และหลักรูปร่างทางโคจรที่หาได้ เปรียบเทียบค่าอ้างอิง.....	58
ตารางที่ 5.7 ข้อมูลดาวเคราะห์ HD70642 b ระหว่างค่ามวล และหลักรูปร่างทางโคจรที่หาได้ เปรียบเทียบค่าอ้างอิง.....	58
ตารางที่ 5.8 ข้อมูลดาวเคราะห์ HD75289 b ระหว่างค่ามวล และหลักรูปร่างทางโคจรที่หาได้ เปรียบเทียบค่าอ้างอิง.....	59
ตารางที่ 5.9 ข้อมูลดาวเคราะห์ HD83443 b ระหว่างค่ามวล และหลักรูปร่างทางโคจรที่หาได้ เปรียบเทียบค่าอ้างอิง.....	59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพวงรีซึ่งมีแกนเอก และแกนโทยาว 2a และ 2b ตามลำดับ.....	3
รูปที่ 2.2 ภาพเวกเตอร์รัศมีตามกฎข้อที่สองของเคปเลอร์.....	4
รูปที่ 2.3 ภาพวงรีซึ่งมีจุด P อยู่ห่างจากจุดโฟกัสทั้งสองเป็น r และ r'.....	6
รูปที่ 2.4 ภาพแสดงความยาวของเวกเตอร์รัศมี และมุมกวาดจริงในช่วงเวลา dt น้อย ๆ.....	7
รูปที่ 2.5 ภาพทางโคจรวงกลมของระบบรอบจุดศูนย์กลางมวล.....	8
รูปที่ 2.6 ภาพทางโคจรวงรีของระบบรอบจุดศูนย์กลางมวล F และของดาว B รอบดาว A.....	10
รูปที่ 2.7 หลักมูลทางโคจรของดาวเคราะห์รอบดาวฤกษ์.....	12
รูปที่ 2.8 ภาพการหาระยะทางของดาวด้วยวิธีพริลแลกซ์.....	13
รูปที่ 2.9 เส้นสเปกตรัมเปล่งออก และเส้นสเปกตรัมดูดกลืน.....	17
รูปที่ 2.10 แผนภาพแฮร์ตสปริง-รัสเซลล์.....	18
รูปที่ 3.1 ภาพการเคลื่อนที่ปรากฏไปบนท้องฟ้าของดาวฤกษ์เนื่องจากคู่ของมัน.....	20
รูปที่ 3.2 มุมที่รองรับครึ่งแกนเอกของดาวฤกษ์รอบจุดศูนย์กลางมวล.....	21
รูปที่ 3.3 ภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ ที่กับการเลื่อนของเส้นสเปกตรัม.....	22
รูปที่ 3.4 ภาพแสดงเส้นโค้งแสงขณะดาวเคราะห์เคลื่อนผ่านหน้าดาวฤกษ์.....	23
รูปที่ 4.1 เส้นโค้งความเร็ว.....	25
รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการหาส่วนประกอบตามแนวสายตาของเวกเตอร์บอกตำแหน่งดาวฤกษ์.....	26
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงอัตราเร็วในวงโคจร และอัตราเร็วในแนวสายตา.....	33
รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีความเร็วตามแนวสายตา.....	34
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD13445 กับเวลา.....	38
รูปที่ 5.2 กราฟเส้นโค้งความเร็วที่ได้จากการปรับด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด.....	39
รูปที่ 5.3 กราฟเส้นโค้งความเร็ว และแกนอ้างอิง V_0	40
รูปที่ 5.4 เส้นโค้งความเร็วเมื่อใช้แกน V_0 เป็นแกนอ้างอิง.....	41
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD70642 กับเวลา.....	46
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD75289 กับเวลา.....	50
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความเร็วตามแนวสายตาของดาวฤกษ์ HD83443 กับเวลา.....	55