

บทที่ 1

บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นรายงานผลการวิจัยทางฟิสิกส์ แขนงวิชาฟิสิกส์ดาราศาสตร์ มีหัวข้อวิจัยคือ การวิเคราะห์เส้นสเปกตรัมสว่างของระบบดาวคู่อุปราคาบีตา โลรี มีวัตถุประสงค์วิจัย 2 ข้อ คือ (1).ศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคาบีตา โลรี จากเส้นสเปกตรัมสว่าง, และ (2).ศึกษาองค์ประกอบของสารที่ห่อหุ้มระบบดาวคู่อุปราคาบีตา โลรี จากเส้นสเปกตรัมสว่าง เริ่มต้นดำเนินงานวิจัยนี้ประมาณเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2542 จนถึงปัจจุบัน และสังเกตการณ์ดาวคู่บีตา โลรี จากวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2543 ถึง 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 โดยวิธีการถ่ายภาพสเปกตรัมของดาวคู่บีตา โลรี แบบสม่ำเสมอและต่อเนื่องด้วยระยะเวลาสังเกตการณ์ที่มากกว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่ ด้วยเครื่องมือซีซีดีสเปกโตรกราฟ (CCD Spectrograph) ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 40 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3-1 ของบทที่ 3 สถานที่สังเกตการณ์ คือ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ตำแหน่งลองจิจูด (longitude) $98^{\circ} 56' 08'' .07$ ตะวันออก และละติจูด (latitude) $18^{\circ} 47'$ เหนือ

ดาวเป้าหมายที่ทำการศึกษาคือ ดาวคู่บีตา โลรี หรือดาวซีเลียค (β Lyrac หรือ Sheliak) มีคุณลักษณะทางดาราศาสตร์ ได้แก่

- (1). เป็นดาวฤกษ์ในกลุ่มดาวพิณ (Lyra constellation) เมื่อกลุ่มดาวพิณเป็นกลุ่มดาวทางฟ้าซีกเหนือ สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย กับจุดยอดฟ้า (zenith) เหนือศีรษะที่เวลาประมาณ 21 นาฬิกา ของกลางเดือนสิงหาคม สำหรับระบบเส้นขอบฟ้า (horizontal system) และจัดเป็นกลุ่มดาวฤดูฝน สำหรับประเทศไทย
- (2). เป็นดาวคู่ชนิดพื้นฐาน (prototype) อุปราคา, และเป็นชนิดสเปกโตรสโคปด้วย ตามวิธีสังเกตการณ์
- (3). มีชื่อตาม Catalogue คือ HD 174638 เป็นต้น
- (4). มีตำแหน่งบนระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า (equatorial coordinate system) ที่ $\alpha = 18$ ชั่วโมง 50 นาที 06 วินาที และ $\delta = +33^{\circ} 22' 07''$ ของปีสังเกตการณ์ พ.ศ. 2543 เมื่อ α , δ เป็นค่าไรต์แอสเซนชัน (right ascension) และเดคลิเนชัน (declination) ตามลำดับ
- (5). ความสว่างของดาว อยู่ในช่วง 3.25-4.36 แมกนิจูด
- (6). คาบการโคจรของระบบดาวคู่บีตา โลรี ~ 12.93016 วัน

เมื่อ ดาวคู่ คือ ระบบที่ประกอบด้วยดาวสองดวงที่โคจรรอบศูนย์กลางมวลของระบบเพราะได้รับแรงโน้มถ่วงกระทำซึ่งกันและกัน มีชื่อเรียกดาวสมาชิกแต่ละดวงว่า ดาวปฐมภูมิ และดาวทุติยภูมิ ซึ่งดาวดวงใดดวงหนึ่งอาจมีมวลมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้ รวมถึงถ้ามีการส่งถ่ายมวล (mass transfer) ระหว่างสมาชิกอาจเป็นดาวมวลน้อยหรือมากก็ได้ที่เป็นฝ่ายถ่ายมวลขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการของดาวในระบบ

ดาวคู่บีตา โลรี พบว่ามีคาบ (period) เปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง (continuous change) ซึ่งคำนวณหาครั้งแรกในปี พ.ศ. 2328 โดย จอห์น กูดริค (John Goodricke) ต่อมาได้มีการคาดหมายว่าคาบเปลี่ยนแปลง

แบบต่อเนื่องอาจเป็นผลมาจากการถ่ายมวลภายในระบบ ซึ่งท่านแรกที่เสนอแนวคิดนี้ คือ เจอรัลด์ ไคเปอร์ (Gerard Kuiper) โดยมีสมมติฐานว่ากระแสธารของสสารสม่ำเสมอ (steady stream of matter) ไหลจากดาวมวลน้อยกว่าไปสู่ดาวมวลมากกว่าของระบบดาวคู่ ถ้ามวลรวมและโมเมนตัมเชิงมุมรวมของระบบดาวคู่อนุรักษ์ (conserved) ในกระบวนการส่งถ่ายมวล จะแสดงให้เห็นว่า

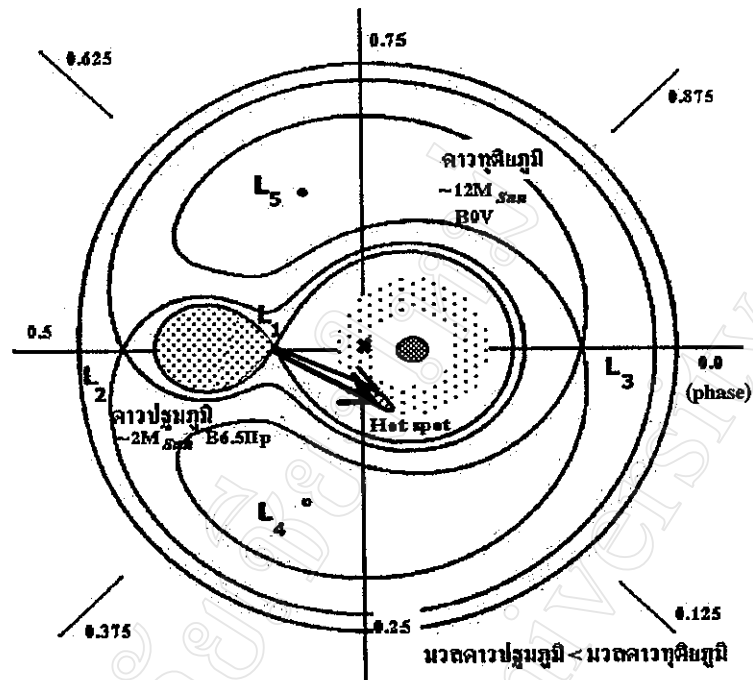
$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \frac{2\mu - 1}{\mu(1 - \mu)} \frac{\Delta m}{m} \quad (1.1)$$

เมื่อ $m = m_1 + m_2$, $\mu = m_2/m$ สำหรับ m_1 คือมวลของดาวปฐมภูมิ และ m_2 คือมวลของดาวทุติยภูมิที่เป็นฝ่ายรับมวล, และ ΔP เป็นคาบที่เปลี่ยนไปโดยผลของการถ่ายมวลปริมาณ Δm สำหรับดาวคู่บีตา ไลรี ให้ค่า $\Delta P/P$ ประมาณ 6×10^{-7} โดยไคเปอร์ ในปี พ.ศ. 2484

อาจมีสสารกำลังควงออก (spiralling out) จากระบบสำหรับดาวคู่บีตา ไลรี เสนอโดยไคเปอร์ ในปี พ.ศ. 2484, กระแสธารของก๊าซของระบบดาวคู่บีตา ไลรี มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนประมาณ 10^{11} cm^{-3} โดยวิธีทางกราฟแสง (light curve) โดย Dadaev ในปี พ.ศ. 2497, สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพบางอย่างของดาวคู่อุปราคาบีตา ไลรี จากการสังเกตการณ์และการประมาณการ เช่น แอครีชันดิสก์ของบีตา ไลรี (Beta Lyrae accretion disk) มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนประมาณ $4.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ โดยใช้ Polarization method โดย Shulov ในปี พ.ศ. 2510, และจากการสังเกตการณ์คาบที่เปลี่ยนไปในบีตา ไลรี จะได้อัตราการส่งถ่ายมวล ประมาณ $10^{-4} M_{\text{sun}}/\text{year}$ จากขบวนการจับอนุภาคหรือมวล โดย Paczynsk ในปี พ.ศ. 2510

เส้นสว่าง H α มาจากก๊าซของเอนเวลโลปที่ห่อหุ้มระบบ, เส้น H γ เกิดจากบริเวณที่มีการเคลื่อนที่ของก๊าซที่ได้รับอิทธิพลจากดาวทุติยภูมิ [Huang, 1978], อัตราการถ่ายมวลจากดาวปฐมภูมิ B6.5IIP ไปยังดาวทุติยภูมิ B0V เท่ากับ $\dot{M} = 7 \times 10^{-7} M_{\text{sun}}/\text{year}$ [Mazzali et al., 1992], ดาวปฐมภูมิเป็นดาวยักษ์มีมวล $\sim 2M_{\text{sun}}$ มีชนิดสเปกตรัม B7, ดาวทุติยภูมิมีมวล $\sim 12M_{\text{sun}}$ และมีแอครีชันดิสก์ล้อมรอบเป็นสสารรูปโทรัยที่หนาทึบ (thick, opaque torus of matter), มีอัตราการถ่ายมวล $\dot{M} = 2.7 \times 10^{25} \text{ kg/year}$ [Bruton et al., 1996], เส้นสว่าง H α และ HeI 667.8 nm อาจกำเนิดจากการพ่นมวลสารในทิศตั้งฉากกับระนาบการโคจรของดาวคู่ที่สัมพันธ์กับดาวทุติยภูมิ, จุดร้อน (hot spot), บริเวณที่อยู่ระหว่างดาว, และบรรยากาศเทียมของแอครีชันดิสก์ (pseudoatmosphere of accretion disk), และความผันแปรของโปรไฟล์ของเส้น H α และ HeI 667.8 nm ด้วยคาบประมาณ 4.70-4.75 วัน, และพบว่าปีกของเส้น H α แผ่กว้างไปทางย่านสีแดงที่ทุกเฟสการโคจร จึงสรุปว่า การขยายออกของปีกไม่ได้เกิดจาก H α แต่เกิดจากธาตุอื่น [Harmanec et al., 1996]

การศึกษาดาวคู่บีตา ไลรี จากอดีตถึงปัจจุบันที่กล่าวถึงข้างต้น สรุปได้ว่า ดาวคู่บีตา ไลรี เป็นชนิดดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน (detached binary) ที่มีการถ่ายมวลระหว่างดาวสมาชิก ผู้เขียนสามารถสรุปผลงานวิจัยของนักดาราศาสตร์เหล่านี้เกี่ยวกับดาวคู่บีตา ไลรี ที่อ้างอิงมาข้างต้นให้เห็นได้ ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 แผนภาพสรุปผลการวิจัยของนักดาราศาสตร์จากอดีตถึงปัจจุบันของดาวคู่บีตา ไลร์ ในรูปโครงสร้างความโน้มถ่วงแบบใกล้เคียง (ไม่ใช่สเตจจริง)

เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของระบบดาวคู่บีตา ไลร์ ด้วยวิธีสังเกตการณ์ทางสเปกโตรสโคปีสำหรับฟิสิกส์ดาราศาสตร์ จากการวิเคราะห์เส้นสเปกตรัมที่ถ่ายได้ และอุปกรณ์สังเกตการณ์หลัก คือ ซีซีดีสเปกโตรกราฟ ซึ่งทั้งวิธีสังเกตการณ์, รูปแบบและทฤษฎีสำหรับการวิเคราะห์, ข้อมูลอ้างอิง, และคุณลักษณะของเครื่องมือซีซีดีสเปกโตรกราฟ เหล่านี้เป็นสิ่งใหม่หรือมีการศึกษากันน้อยมากสำหรับหน่วยวิจัยดาราศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงทำให้ขาดแคลนข้อมูลอ้างอิงและด้วยเหตุที่เป็นการวิจัยทางการทดลอง ดังนั้น จึงทำให้ผู้เขียนต้องใช้เวลามากศึกษาและทดลองในส่วน of พื้นฐานเหล่านี้ด้วย ได้แก่ การทดลองหาชนิดสเปกตรัมเปรียบเทียบ, การ Alignment ระบบอุปกรณ์สังเกตการณ์สำหรับซีซีดีสเปกโตรกราฟ, หาเทคนิคและวิธีสังเกตการณ์ถ่ายภาพสเปกตรัม ซึ่งพิจารณาในบทที่ 3, และรวมถึงต้องค้นคว้าหาวิธีการคำนวณ Sensitivity correction, Calibrated spectrum, และ Normalized spectrum สำหรับผลสังเกตการณ์ที่เป็นภาพสเปกตรัม และการคำนวณเหล่านี้สัมพันธ์กันอย่างยากกับโปรแกรมเคสเทรลสเปก ซึ่งพิจารณาในบทที่ 4 และ 5, และการวิเคราะห์ทางสเปกโตรสโคปีสำหรับฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ซึ่งพิจารณาในบทที่ 5

เนื้อหาในวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วย บทที่ 1 บทนำ, บทที่ 2 ทฤษฎี, บทที่ 3 การเตรียมสังเกตการณ์, บทที่ 4 ผลสังเกตการณ์ขั้นพื้นฐาน และผลสังเกตการณ์ที่แก้ไขสำหรับการวิเคราะห์, บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลสังเกตการณ์, บทที่ 6 สรุป, บทที่ 7 การวิจารณ์, และรวมถึงภาคผนวก ก ถึง จ ด้วยเหตุผลข้างต้น จึงทำให้เนื้อหาสาระของทุกบทกลายเป็นส่วนสำคัญของการวิจัยมากเทียบเท่ากับการตอบปัญหาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ดั่งไว้