บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยนี้คณะผู้ทำการวิจัยศึกษาวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกันดีเอฟ ไฮดรา คาบวงโคจรและอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของดาวคู่ดีเอฟ ไฮดรา โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีต่างๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบดาวคู่

ระบบดาวคู่ (binary star) หมายถึง ระบบดาวที่มีสมาชิกเป็นดาวฤกษ์ตั้งแต่สองดวงขึ้นไป โคจรรอบกันเองภายใต้สนามแรงโน้มถ่วง โดยแรงโน้มถ่วงนี้จะเป็นตัวแปรที่สามารถกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบของวงโคจร (บุญรักษา สุนทรธรรม และคณะ:2538) ซึ่งดาวฤกษ์ทั้งสองดวงเกิดขึ้นจากการยุบตัวลงภายใต้แรงโน้มถ่วงของกลุ่มก๊าซ และเป็นดาวฤกษ์ที่โคจรรอบกันอธิบายได้ตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน โดยระบบดาวคู่บางระบบอาจมีสมาชิกมากกว่าสองดวง เรียกว่าระบบดาวพหุ เทคนิควิธีในการให้ได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับระบบดาวคู่นั้นมีความจำเป็นต้องใช้กล้องโทรทรรศน์ รวมทั้งอุปกรณ์ในการบันทึกสัญญาณประเภทต่างๆ ช่วยจึงจะสามารถเข้าถึงและทราบเกี่ยวกับองค์ประกอบและคุณสมบัติของระบบดาวคู่นั้นๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักดาราศาสตร์ไม่สามารถเดินทางไปศึกษาและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ ณ ระบบดาวคู่นั้นได้เนื่องด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยีและองค์ความรู้ในปัจจุบันจึงสามารถทำได้เพียงการใช้กล้องโทรทรรศน์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ตั้งอยู่บนโลกเท่านั้น วิธีการเช่นนี้เรียกว่า การสังเกตการณ์ผลจากการเฝ้าสังเกตการณ์ ระบบดาวคู่หลายระบบในรอบหลายสิบปีที่ผ่านมา ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถจำแนกลักษณะของระบบดาวคู่ออกได้สองลักษณะ คือ ดาวคู่ประเภทมองเห็นแยกจากกันได้ซึ่งเป็นระบบดาวคู่ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือการส่องด้วยกล้องโทรทรรศน์ สามารถมองเห็นดาวฤกษ์แยกออกจากเป็นสองดวงชัดเจน และดาวคู่ประเภทใกล้ชิดซึ่งเป็นระบบดาวคู่ที่ไม่ว่าจะใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาดใดก็ตามก็ไม่สามารถมองเห็นดาวฤกษ์ในระบบนั้นแยกออกเป็นสองดวงได้เนื่องจากอยู่ใกล้ชิดกันมาก อย่างไรก็ตามนักดาราศาสตร์ยังได้กำหนดชนิดและประเภทของระบบดาวคู่ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สำหรับการจำแนกระบบดาวคู่ตามลักษณะที่ค้นพบหรือตามลักษณะที่ค้นพบ หรือตามลักษณะทางเทคนิควิธีที่ใช้การศึกษา สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ระบบดาวคู่ที่มีการเคลื่อนที่เฉพาะร่วมกัน (Common proper motion pairs) เป็นระบบดาวคู่ที่สามารถมองเห็นดาวฤกษ์ทั้งสองดวงแยกจากกันได้ชัดเจนมีการเคลื่อนที่ไปตามแนวขวางไปพร้อมๆ กัน อีกทั้งมีคาบวงโคจรรอบกันที่ยาวนานมากจนไม่อาจสังเกตการเคลื่อนที่บนวงโคจร

2. ระบบดาวคู่แบบมองเห็นแยกกัน (Visual binaries) เป็นระบบดาวคู่ที่สามารถมองเห็นดาวฤกษ์ทั้งสองดวงแยกจากกันได้ เช่นเดียวกันกับระบบดาวคู่ที่มีการเคลื่อนที่เฉพาะร่วมกัน แต่สามารถสังเกตเห็นการโคจรรอบกันเองของสมาชิกทั้งสองดวงได้

3. ระบบดาวคู่แบบการวัดทางดาราศาสตร์ (Astrometric binaries) ระบบดาวคู่ประเภทนี้ประกอบไปด้วยสมาชิกที่เป็นดาวฤกษ์ทั้งสองดวง โดยดาวฤกษ์ดวงหนึ่งจะมีความสว่างมากกว่าดาวฤกษ์อีกดวงหนึ่งมากทำให้การสังเกตการณ์จะสามารถมองเห็นดาวฤกษ์ได้เพียงดวงเดียวเท่านั้น แต่เมื่อทำการวิเคราะห์เราจะพบว่าดาวฤกษ์ดวงที่สว่างมากจะมีการเคลื่อนที่ส่ายเป็นคาบรอบสมาชิกดวงที่มองไม่เห็น

4. ระบบดาวคู่สเปกตรัม (Spectrum binaries) ระบบดาวคู่ประเภทนี้สามารถมองเห็นดาวฤกษ์แยก จากกันได้ โดยจะเห็นได้เพียงดวงเดียวเท่านั้น แต่เมื่อใช้เทคนิควิธีการสังเกตการณ์โดยการถ่ายสเปกตรัม ปรากฏว่ามีชุดของสเปกตรัมซ้อนกันอยู่ 2 ชุดด้วยกันโดยสเปกตรัมทั้งสองชุดนี้เป็นสเปกตรัมที่อยู่คนละชั้นกัน และมีการเลื่อนของดอปเปลอร์ในทิศทางตรงกันข้าม (บุญรักษา สุนทรธรรม : 2550) อีกทั้งระบบดาวคู่ประเภทนี้อาจมีคาบวงโคจรที่ยาวมาก ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของคาบความเร็วในแนวเล็ง

5. ระบบดาวคู่สเปกโทรสโคปี (Spectroscopic Binaries) เป็นระบบดาวคู่ที่สามารถมองเห็นดาวฤกษ์ทั้งสองดวงแยกจากกันได้ สามารถสังเกตการณ์ผ่านเครื่องสเปกโทรสโคปีที่มีความละเอียดสูง โดยต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ ผลปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงคาบความเร็วในแนวเล็งของสมาชิกแต่ละดวง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

6. ระบบดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binaries) ระบบดาวคู่ประเภทนี้จะสังเกตเห็นดาวฤกษ์ได้เพียงดวงเดียวเท่านั้น เนื่องจากดาวฤกษ์ทั้งสองดวงอยู่ใกล้ชิดกันมาก ระนาบวงโคจรของระบบดาวคู่ประเภทนี้เกือบจะอยู่ในแนวสายตา ซึ่งสามารถสังเกตเห็นการแปรแสงของดาวอันเป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่บังกันของดาวฤกษ์ทั้งสองดวง

2.2 ระบบดาวคู่อุปราคา

การศึกษาระบบดาวคู่อุปราคานั้นจะพิจารณาลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพเป็นอันดับแรก คือระบบดาวคู่ประเภทนี้จะประกอบไปด้วยสมาชิกที่เป็นดาวฤกษ์สองดวงโคจรรอบกันและอยู่ภายใต้สนามแรงโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน เมื่อดาวฤกษ์ทั้งสองโคจรบังกันจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า อุปราคา (Eclipse) ซึ่งจะเกิดสองครั้ง กล่าวคือ

1. เมื่อดาวฤกษ์ดวงที่สว่างน้อยกว่าโคจรมาบังดวงที่สว่างมากกว่าทำให้ค่าความสว่างที่ปรากฏสังเกต เห็นมีค่าน้อยลงมาก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า อุปราคาปฐมภูมิ (Primary eclipse)

2. เมื่อดาวฤกษ์ดวงที่สว่างมากกว่าโคจรมาบังดวงที่สว่างน้อยกว่าทำให้ค่าความสว่างปรากฏที่สังเกตเห็นมีค่าน้อยลง แต่ยังคงมีค่าความสว่างมากกว่าอุปราคาปฐมภูมิ (Secondary eclipse)

การเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ทั้งสองดวงโคจรรอบกันจนครบหนึ่งรอบ เรียกว่า เฟส (phase) พิจารณาจากตำแหน่งการบังกันของดาวฤกษ์ ตำแหน่งแรกเมื่อเกิดอุปราคาปฐมภูมิ ค่าความสว่างของแสงที่สังเกตได้จะมีค่าลดลงมาก เรียกตำแหน่งนี้ว่า ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดหรือสัญลักษณ์อย่างย่อคือ Min I เฟสการโคจรที่ตำแหน่งนี้ถือเป็นเฟสเริ่มแรกหรือตำแหน่งศูนย์ หลังจากนั้น ดาวฤกษ์ทั้งสองดวงจะโคจรออกจากกันสังเกตได้จากค่าความสว่างปรากฏจะเริ่มมีค่ามากขึ้นจนกระทั้งดาวฤกษ์ทั้งสองดวงโคจรออกจากกันจนหมด จะสังเกตเห็นค่าความสว่างปรากฏมีค่ามากที่สุด เรียกตำแหน่งนี้ว่า ค่าเวลาที่แสงมากที่สุดหรือมีเฟสเท่ากับ 0.25 จากนั้นดาวฤกษ์ทั้งสองดวงที่สว่างมากกว่า สังเกตได้จากค่าความสว่างที่มีค่าลดลง จนกระทั้งดาวทั้งสองดวงบังกันจนหมด ตำแหน่งนี้เรียกว่า อุปราคาทุติยภูมิ และผลจากการลดลงของแสงนี้เองทำให้เกิดค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดครั้งที่ 2 หรื Min II และเฟสของการโคจรตำแหน่งนี้มีค่าเท่ากับ 0.5 หลังจากนั้นดาวฤกษ์ทั้งสองดวงก็จะเคลื่อนออกจากกันอีกครั้งจนมีความสว่างมากที่สุดที่ตำแหน่งเฟส 0.75 และก็จะเริ่มบังกันจนหมด ณ ตำแหน่งเฟส 1.0 หรือตำแหน่งอุปราคาปฐมภูมิอีกครั้ง จึงถือได้ว่าดาวฤกษ์ทั้งสองดวงโคจรรอบกันครบหนึ่งรอบ ดาวคู่ที่เป็นดาวอุปราคามักมีคาบวงโคจรที่เทียบกับเวลาในการสังเกตการณ์บนโลกมากบ้างน้อยบ้างแล้วแต่ช่วงของวิวัฒนาการ บางระบบอาจมีคาบวงโคจรตั้งแต่ไม่กี่ชั่วโมงจนถึงหลายแสนล้านปีดังนั้นหากพิจารณาเฉพาะคาบวงโคจรนักดาราศาสตร์สามารถจำแนกระบบดาวคู่อุปราคาออกเป็นประเภทย่อยๆ ได้ 3 ประเภท ได้แก่

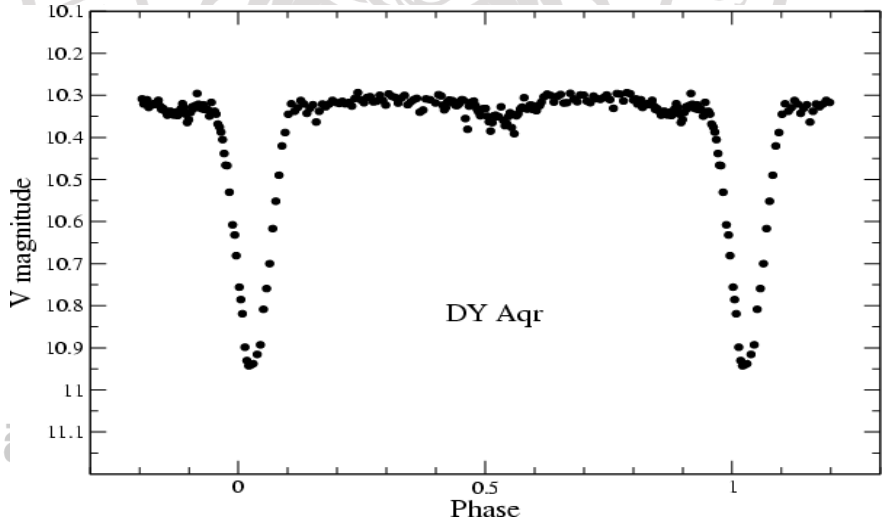
1) อัลกอล (Algol) หรือ EA เป็นระบบดาวคู่ที่มีจำนวนมากที่สุดและเป็นระบบดาวคู่ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เนื่องจากดาวฤกษ์ที่เป็นสมาชิกของระบบอยู่ใกล้ชิดกันและมีสมาชิกสองดวงโคจรรอบกัน ดังนั้นการโคจรบังกันจนเกิดปรากฏการณ์อุปราคา เมื่อพิจารณาจากกราฟแสง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

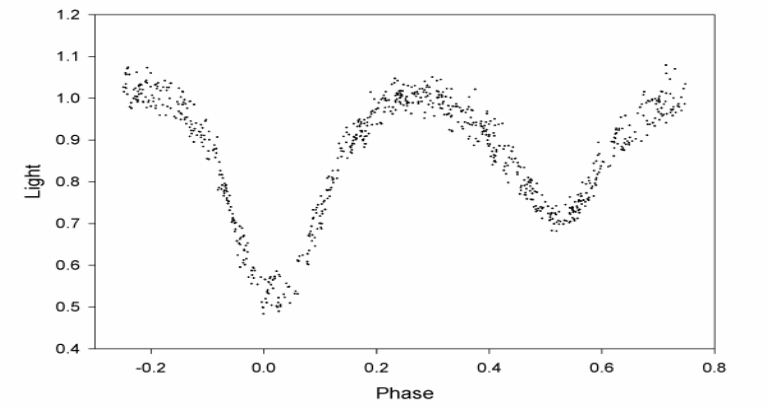
จากการสังเกตการณ์จะปรากฏการลดลงของแสงดาวอุปราคาที่เกิดขึ้นมีสองครั้งคืออุปราคาปฐมภูมิและอุปราคาทุติยภูมิ ความลึกของอุปราคาปฐมภูมิมีความลึกมากกว่าอุปราคาทุติยภูมิ อธิบายได้ว่าเนื่องจากการอยู่ห่างกันมากของดาวฤกษ์ทั้งสองดวง แต่ถ้าพิจารณากราฟแสงช่วงนอกอุปราคาจะมีความมากกว่าดาวทุติยภูมิ อธิบายได้ว่าเนื่องจากการอยู่ห่ากันมากของดาวฤกษ์ทั้งสองดวงที่เป็นสมาชิก แต่หากพิจารณาจากกราฟแสงช่วงนอกอุปราคาจะมีความสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2.1

2) บีตาไลรี (Beta Lyrae) หรือ EB ลักษณะของกราฟแสงของระบบดาวคู่ประเภทเบตาไลรีนั้นจะมีลักษณะคล้ายกันกับกราฟแสงของประเภทอัลกอล เพียงแต่ว่าช่วงของการเกิดอุปราคาทุติยภูมิจะมีความชัดเจนมากกว่าช่วงการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ และช่วงนอกของการเกิดอุปราคาจะมีลักษณะโค้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.2

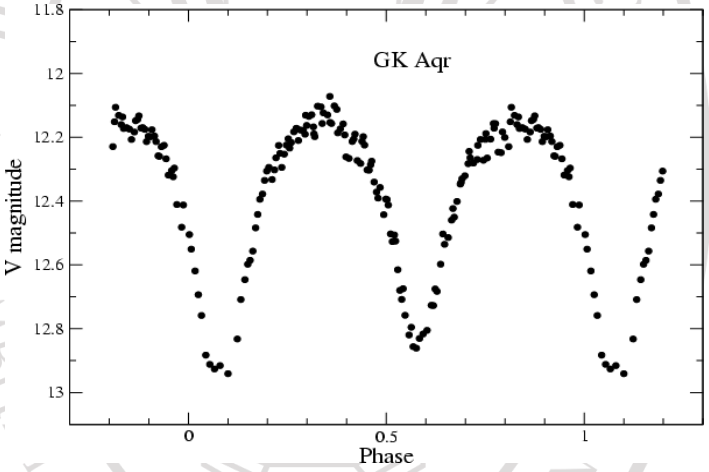
3) ดับเบิลยูเออร์ซาเมเจอริส (W UrsaMajoris) หรือ EW ลักษณะกราฟแสงที่ปรากฏจะมีความคล้ายกันกับกราฟแสงของดาวคู่ประเภทอัลกอลกับดาวคู่ประเภทเบตาไลรี แต่เนื่องจากดาวทั้งสองมีวิวัฒนาการจนเต็มผิวห่อหุ้มโรช และกลายเป็นดาวแคระขาวทำให้ดาวทั้งสองดวงมีความสว่างพอๆ กัน กราฟแสงที่ปรากฏจะแสดงให้เห็นถึงความลึกของอุปราคาปฐมภูมิและอุปราทุติยภูมิมีขนาดความลึกใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อัลกอล DY Aqr
ที่มา : Mas-Hesse, J.M.et al, 2003



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟแสงของดาวคู่อุปราคาประเภทเบตาไลรี
ที่มา : Dirk Terrell, 2001



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟแสงของดาวคู่อุปราคาประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ GK Aqr
ที่มา : Mas Hesse, J.M. et al, 2003

ทั้งนี้ดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ มีลักษณะสำคัญคือการปรากฏของการแปรแสงจะเป็นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการบังกันของดาวฤกษ์ที่เป็นสมาชิกของระบบ โดยสมาชิกทั้งสองดวงอยู่ใกล้ชิดกันมาก ผลจากการดึงดูดระหว่างมวลของดาวฤกษ์ทำให้รูปทรงของระบบบิดเบี้ยวไปในลักษณะที่เรียกว่า Oval Shape

ระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ เป็นระบบดาวที่มีกำลังส่องสว่างต่ำ แต่เดิมจะพบในบริเวณใกล้ระบบสุริยะเท่านั้น แต่เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ทางด้านการสังเกตการณ์ทำให้พบระบบดาวคู่ประเภทนี้กระจายอยู่ในบริเวณอื่นๆ โดยเฉพาะบริเวณกระจุกดาวกาแลกติกและกระจุกดาวทรงกลมและที่สำคัญเราสามารถพบระบบดาวคู่ประเภทนี้ได้ในทุกๆ 500 ดวงของดาวในแถบกระบวนหลักและกระจายอยู่ทั่วไปของระบบดาวคู่ประเภทนี้แสดงให้เห็นว่า ระบบดาวคู่

ดับเบิลยูเออร์ซา เมเจอร์ เกิดจากดาวที่มีอายุมากในระนาบแกแลกซี่ มีอายุเฉลี่ยประมาณ 10^9 (บุญรักษา สุนทรธรรมและคณะ : 2538) โดยอาจพัฒนามาจากระบบดาวคู่ อาร์เอส ซีวีเอ็น คาบสั้น ที่มีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมโดยสนามแม่เหล็กจาก Stellar Wind ทั้งนี้ระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิด A-Type มักพบว่าดาวฤกษ์ที่เป็นสมาชิกจะมีมวลมาก สเปกตรัมของดาวจะอยู่ในช่วง A ถึง F อุปราคาปฐมภูมิจะเกิดจากการที่ดาวฤกษ์ดวงที่มีขนาดเล็กกว่าบังดาวฤกษ์ดวงที่มีขนาดใหญ่กว่า หรือเรียกลักษณะการบังเช่นนี้ว่า Transit โดยดาวฤกษ์ดวงเล็ก จะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าดวงใหญ่ และคาบวงโคจรของดาวคู่ชนิดนี้จะมีคาบอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 0.8 วัน

2. ชนิด W -Type มักพบว่าดาวฤกษ์ที่เป็นสมาชิกจะมีมวลน้อย สเปกตรัมของดาวจะอยู่ในช่วง G ถึง Kอุปราคาปฐมภูมิจะเกิดจากการที่ดาวฤกษ์ดวงที่มีขนาดใหญ่กว่าบังดาวฤกษ์ดวงที่มีขนาดเล็กกว่า หรือเรียกลักษณะการบังเช่นนี้ว่า Occultation โดยดาวฤกษ์ ดวงเล็กจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าดวงใหญ่ และคาบวงโคจรของดาวคู่ชนิดนี้จะมีคาบอยู่ในช่วง 0.22 ถึง 0.4 วัน

ผลการวิเคราะห์ดาวคู่ประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ ส่วนใหญ่จะมีคาบวงโคจรอยู่ในช่วงประมาณ 7 ชั่วโมง ถึง 1 วัน เนื่องจากว่าดาวฤกษ์ทั้งสองดวงมีการถ่ายเทมวลก๊าซให้แก่กันและกันจนส่งผลให้ค่าอัตราส่วนมวล (Mass Ratio) มีค่าต่างจาก 1 มาก แสดงว่ามวลของดาวฤกษ์ในแต่ละดวงมีค่าแตกต่างกันมาก (บุญรักษา สุนทรธรรมและคณะ : 2538) ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์มาตรฐานระหว่างมวล – กำลังส่องสว่าง (Mass–Luminosity Relation) แล้ว ค่ากำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์แต่ละดวงต้องไม่เท่ากันซึ่งขัดแย้งกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ จากปัญหาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า สมาชิกของระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ ทั้งสองดวงจะอยู่ติดกัน ดาวฤกษ์ดวงที่มีมวลมากกว่าจะส่งถ่ายกำลังส่องสว่างไปยังดาวฤกษ์ดวงที่มีมวลน้อยกว่าโดยผ่านผิวห่อหุ้มร่วมกัน (Common Envelope) ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิว (Surface Temperature) ของดาวฤกษ์ทั้งสองดวงมีค่าเท่ากัน แม้ว่ามวลของดาวทั้งสองจะแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีนี้บ่งบอกว่า การแตะกันของความร้อน (Thermal Contact) อาจมีการขาดหายเป็นช่วงๆ ซึ่งส่งผลให้ในบางครั้งอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ที่เป็นสมาชิกแต่ละดวงมีค่าไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามบางครั้งระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นระบบดาคู่ประเภทเบตาไลรีได้ผลจากการส่งถ่ายกำลังส่อสว่างนี้ทำให้ไม่สามารถใช้ความสัมพันธ์มาตรฐานระหว่างมวล กำลังส่องสว่างได้เหมือนกับดาวฤกษ์เดี่ยวในแถบกระบวนหลักทั่วไปได้ ผลอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้ระบบดาวคู่มีรู)ร่างเป็นรูปทรงรี นั่นคือผลจากแรงไทดัล ซึ่งแต่ละจุดบนพื้นผิวของดาวจะมีค่าโน้มถ่วงและกำลังส่องสว่างต่างกัน ถ้าพิจารณาข้อมูลที่ได้จากกราฟแสง

ที่ได้จากการสังเกตการณ์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรเป็นผลเนื่องมาจากการไหลเวียนของมวล ซึ่งเป็นผลมาจากการส่งถ่ายกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ดวงหนึ่งไปสู่ดาวฤกษ์อีกดวงหนึ่ง ทำให้สามารถทำนายล่วงหน้าได้ว่า วิวัฒนาการของระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ ในระยะยาวจะมีคาบวงโคจรที่ยาวขึ้น แต่มีเงื่อนไขสำคัญประการหนึ่งคือกระบวนการถ่ายเทมวลของระบบดาวคู่ต้องไม่มีการสูญเสียมวลออกนอกระบบ อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ.1991 Van't Veer ได้ทำการศึกษาในเชิงสถิติของระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ พบว่าดาวคู่จำนวน 29 ระบบ มีการเปลี่ยนแปลงคาบทั้งหมด 62 ครั้ง เป็นการเปลี่ยนแปลงคาบในลักษณะที่ก้าวกระโดด หมายความว่าบางครั้งดาวคู่มีคาบที่ยาวขึ้นบางครั้งมีคาบที่สั้นลง ลักษณะเหล่านี้เป็นการเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรแบบสุ่ม ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอร์ จึงต้องใช้เทคนิคอื่นๆ ในการวิเคราะห์ซึ่งจะแตกต่างจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ประเภทอื่นๆ

ระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดใดๆ อาจสร้างผิวสมมติบริเวณระบบดาวคู่ดังกล่าวซึ่งทุกจุดบนผิวสมมตินี้จะมีค่าศักย์เท่ากันหมด เรียกผิวสมมติในลักษณะเช่นนี้ว่า ผิวสมศักย์ และแนวเส้นสมศักย์ของผิวสมศักย์ในระนาบ 2 มิติ ซึ่งเห็นว่าบริเวณใกล้ดาวแต่ละดวงมากๆ ผิวสมศักย์จะมีลักษณะเป็นทรงกลมรอบมวล M1 และ M2 ณ จุดที่ไกลออกมา ผลของความโน้มถ่วงของดาวแต่ละดวงมีลักษณะเป็นหยดน้ำตา ถ้ายิ่งห่างออกมาเรื่อยๆ ผิวสมศักย์รูปหยดน้ำตาจะแตะกันที่จุดลากรานจ์ในทำให้เกิดแนวเส้นสมศักย์ที่มีรูปเลขแปด เรียกผิวห่อหุ้มนี้ว่า ผิวห่อหุ้มของโรชหรืออาจเป็นผิวสมศักย์รูปดัมเบล พิจารณาบริเวณที่ยิ่งห่างออกมาอีกจุด L1 L2 และ L3 เป็นจุดที่เรียกว่า จุดลากรานจ์ ซึ่งศักย์เนื่องจากความโน้มถ่วง จะสมดุลพอดีกับศักย์เนื่องจากแรงสู่ศูนย์กลางและจะเห็นได้ว่าจุด L1 L2 และ L3 เป็นจุดสมดุลที่ไม่เสถียร ถ้ามีแรงเพียงเล็กน้อยมากระทำต่อมวลทดสอบ (m) ซึ่งอยู่ ณ จุดเหล่านี้ มวล m อาจเคลื่อนที่เข้าหามวล M1 และ M2 ได้ทันทีสมาชิกแต่ละดวงของระบบดาวคู่จะมีวิวัฒนาการที่เป็นอิสระต่อกันขึ้นอยู่กับมวลและองค์ประกอบของดาวซึ่งจำแนกระบบดาวคู่ออกเป็น 3 ชนิด

1. ระบบดาวคู่แบบแยกกัน (Detached Binary) เป็นระบบดาวคู่ที่มีสมาชิกทั้งสองยังไม่เต็มผิวห่อหุ้มของโรช ดังนั้น ดาวทั้งสองดวงยังแยกกันโดยเด็ดขาด และมีปฏิกิริยาต่อกันได้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างกันเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2. ระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน (Semi- Detached Binary) เป็นระบบดาวคู่ที่มีสมาชิกดวงใดดวงหนึ่งขยายตัวในขั้นตอนการวิวัฒนาการจนเต็มผิวห่อหุ้มของโรช ในขณะที่สมาชิกอีกดวงหนึ่งยังขยายไม่เต็มตัว ซึ่งระบบดาวคู่ประเภทนี้ สมาชิกดวงที่ขยายตัวเต็มผิวจะถ่ายเทมวลสู่สมาชิดอีกดวง

3. ระบบดาวคู่แบบแตะกัน (Contact Binary) ระบบดาวคู่ประเภทนี้สมาชิกทั้งสองดวงจะขยายตัวเต็มผิวห่อหุ้มของโรช และถ้าการขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สมาชิกทั้งสองดวงจะหลอมรวมกันอยู่ในผิวห่อหุ้มร่วม

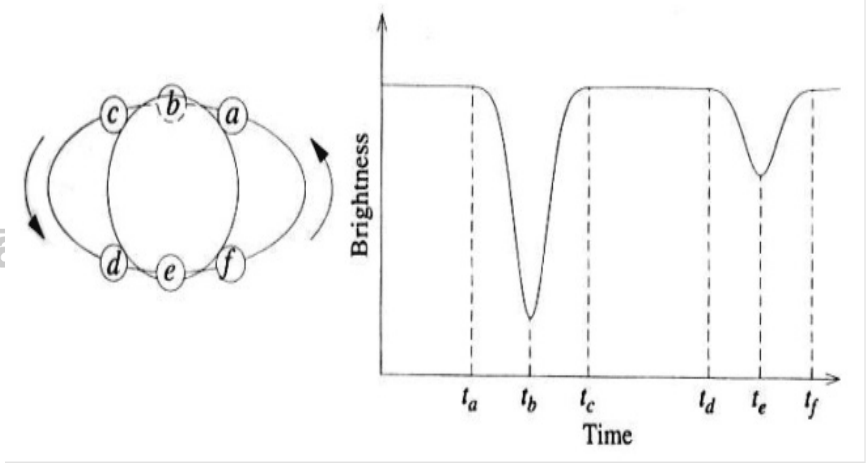
2.3 วิวัฒนาการของระบบดาวคู่

การวิวัฒนาการของระบบดาวคู่นั้นจะเริ่มจากการที่ดาวทั้งสองดวงอยู่ใกล้กันจนมีการโคจรรอบ จุดศูนย์กลางมวลเดียวกันแบบระบบดาวคู่แยกกัน ซึ่งจะมีวิวัฒนาการตามลำดับขั้นมาเรื่อยๆ จนสมาชิกที่มีมวลมากกว่าวิวัฒนาการเป็นดาวยักษ์แดงและมีการขยายตัวเต็มผิวห่อหุ้มของโรช แต่สมาชิกอีกดวงหนึ่งยังวิวัฒนาการไปไม่ถึงขั้นขยายตัวจนเต็มผิวห่อหุ้มเกิดการถ่ายเทมวลไปสู่ดาวที่มีมวลน้อยกว่าจนกระทั่งดาวทั้งสองดวงมีวิวัฒนาการขยายตัวจนเต็มผิวห่อหุ้มโรช โดยการถ่ายเทมวลของดาวจะมีมากขึ้นจนกระทั่งรวมเป็นดาวฤกษ์ดวงเดียวที่มีการหมุนรอบตัวเองสูงมาก การวิวัฒนาการดังกล่าวจะเกิดการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านทอร์คแม่เหล็กที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กของดาวทั้งสอง จนมีระยะห่างระหว่างวงโคจรลดลงตลอด แสดงว่าคาบของวงโคจรในระบบดาวคู่มีการลดลงเช่นกันเป็นไปตามกฎข้อที่สามของเคปเลอร์ ดังนั้นการที่คาบวงโคจรของระบบดาวคู่ลดลง หมายความว่าระยะห่างของระบบดาวคู่อยู่ใกล้กันมากขึ้น ระบบดาวคู่ประเภท EW จะมีแนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาบวงโคจรที่ลดลง (แต่ในบางระบบอาจมีคาบที่เพิ่มขึ้น) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการหน่วงของสนามเหล็กของลมดาวฤกษ์ และการถ่ายเทมวลระหว่างสมาชิกทั้งสองในปี ค.ศ.1966 Huang ได้เสนอว่าการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมซึ่งเป็นผลมาจากการหน่วงของสนามแม่เหล็กน่าจะเป็นกลไกที่มีความสำคัญ ซึ่งจะทำให้ระยะห่างระหว่างสมาชิกทั้งสองดวงและคาบวงโคจรลดลง โดยระบบดาวคู่นั้นจะมีแรงไทดัลที่ความเข้มมากและทำให้เกิดการคู่ควบระหว่างการหมุนรอบตัวเองและการโคจรรอบกัน อัตราการหมุนรอบตัวเองของดาวจะมีค่าเท่าๆ กับอัตราการโคจรรอบกัน ดังนั้นเมื่อวงโคจรของระบบดาวคู่ลดลงเรื่อยๆ สมาชิกแต่ละดวงก็จะหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้นเรื่อยๆ เมื่อวงโคจรของดาวลดลงจนคาบการโคจรน้อยกว่า 0.5 วันแล้ว ผลของการแผ่พลังงานของแรงโน้มถ่วงทั่วไปเชิงสัมพัทธภาพจะมีผลต่อการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมของระบบดาวคู่ ซึ่งส่งผลให้คาบวงโคจรของระบบดาวคู่ลดลงเรื่อยๆ จนในที่สุดระบบดาวคู่จะหลอมรวมกลายเป็นดาวฤกษ์ที่หมุนรอบตัวเองอย่างรวดเร็ว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.4 การวิเคราะห์กราฟแสงของดาวคู่อุปราคา

กราฟแสง (Light Curve) คือข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงจากระบบดาวคู่ที่เวลาต่างๆ กัน กราฟแสงที่ได้คือกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ทั้งนี้ปัจจุบันนักดาราศาสตร์ได้กำหนดให้แกนนอนเป็นเฟส และให้แกนตั้งเป็นค่าความสว่างหรือค่าแมกนิจูดที่ได้จากการสังเกตการณ์ผ่านความยาวคลื่นที่ต่างกัน ทั้งนี้ดาวคู่อุปราคาจัดเป็นดาวแปรแสงที่มีกลไกการแปรแสงเกิดจากการโคจรบังกันระหว่างดาวตามแนวสังเกตจากโลกทำให้ความสว่างปรากฏเปลี่ยนไปตามเวลาในลักษณะเป็นคาบ ซึ่งเวลาหนึ่งคาบ กราฟแสงจะแสดงค่าความสว่างต่ำสุดสองครั้งที่มีความลึกของกราฟแสงไม่เท่ากัน โดยตำแหน่งที่มีค่าความสว่างปรากฏต่ำสุดจะเกิดอุปราคาปฐมภูมิซึ่งเกิดขึ้นเมื่อดาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบังอยู่ด้านหน้าดาวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเรียกเวลาที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิว่าค่าเวลาที่แสงต่ำสุดปฐมภูมิ (Primary Minimum, Min I) ส่วนตำแหน่งที่ค่าความสว่างปรากฏต่ำรองลงมาจะเกิดอุปราคาทุติยภูมิ เกิดขึ้นเมื่อดาวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบังอยู่ด้านหน้าดาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเรียกเวลาที่เกิดอุปราคาทุติยภูมิว่าค่าเวลาที่แสงต่ำสุดทุติยภูมิ (Secondary Minimum, Min II) และค่าความสว่างปรากฏจะค่อนข้างคงที่เมื่อไม่เกิดอุปราคา (อาทิตย์ ลภิรัตนากูล, 2545) ดังนั้นช่วงเฟสของวงโคจรจึงมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 การคำนวณเฟสของวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคาต้องเทียบกับวันจูเลียนศูนย์สุริยะ ณ เวลาที่แสงของระบบดาวคู่อุปราคาน้อยที่สุดที่เคยมีผู้สังเกตการณ์หรือนักดาราศาสตร์หาไว้แล้วในอดีต เรียกค่าเวลาดังกล่าวว่ายุค (Epoch) ของการสังเกตการณ์กับวันจูเลียนศูนย์สุริยะ ณ เวลาที่แสงน้อยที่สุดในการสังเกตการณ์ครั้งล่าสุดรวมทั้งคาบของวงโคจร (รณกฤต รัตนมาลา, 2552) ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ความสว่างของดาวที่มีความลึกไม่เท่ากัน

ที่มา : บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550

2.5 ลำดับความสว่างปรากฏ

โดยทั่วไป ความสว่างจะหมายถึงลำดับความสว่างปรากฏ (Apparent Magnitude : m) คือ ความสว่างที่ตามองเห็นเกี่ยวข้องกับฟลั๊กซ์ที่รับสามารถรับได้จากวัตถุท้องฟ้านั้นๆ โดยดาวบนท้องฟ้าที่มีความสว่างปรากฏตั้งแต่ประมาณ -1 (ดาวซิริอุสที่สว่างที่สุดบนท้องฟ้า) 0 (ดาวเวกา) ลดลงไปจนถึงประมาณความสว่าง 6 เป็นดาวที่สว่างน้อยที่สุดที่มนุษย์สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ทั้งนี้ดาวที่มีลำดับความสว่างน้อยที่สุดที่กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลสามารถสังเกตได้ คือ 32 ในขณะที่ดวงอาทิตย์เที่ยงวันจะมีความสว่าง -27 ความสว่างไม่จำเป็นต้องเป็นเลขจำนวนเต็มแต่สามารถเป็นเลขทศนิยมและจำนวนติดลบได้ อาทิเช่น ดาวซิริอุสที่มีความสว่างปรากฏ -1.47 ในอดีตลำดับความสว่างปรากฏใช้ดาวกาเวเป็นดาวมาตรฐานโดยให้ความสว่างเป็น 0 แต่ปัจจุบันใช้นิยามฟลั๊กซ์ตามมาตรฐานที่ความยาวคลื่นต่างๆ เป็นตัวนิยามความสว่างแทน แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่สามารถคำนวณลำดับความสว่างของวัตถุท้องฟ้าได้โดยตรง แต่จะใช้วิธีเทียบความสว่างกับวัตถุท้องฟ้าที่เราทราบความสว่างที่แน่นอน

เนื่องจากค่าความสว่างจากวัตถุท้องฟ้าที่เราวัดได้คือฟลั๊กซ์ (F) ดังนั้นเราจึงนิยามลำดับความสว่างปรากฏเปรียบเทียบกับดาวอ้างอิงได้จากสมการนี้

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10}\left(\frac{F_1}{F_2}\right) \qquad (2.1)$$

เมื่อ m_1 คือ ลำดับความสว่างปรากฏของดาวที่ต้องการ

m_2 คือ ลำดับความสว่างปรากฏของดาวอ้างอิง

F_1 และ F_2 คือ ค่าความเข้มแสง (Intensity) ของดาวที่ต้องการและดาวอ้างอิง ตามลำดับ

2.6 การเปลี่ยนแปลงคาบวงโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

การสังเกตการณ์ระบบดาวคู่อุปราคาระบบหนึ่งอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน กราฟแสงที่ได้จะถูกนำมาหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum) ที่มีหลายๆค่า ซึ่งค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเหล่านี้จะมีลักษณะที่เป็นคาบ ที่มีค่าเท่ากับคาบการโคจรของระบบดาวคู่ ดังสมการ

$$\text{Min I} = \text{HJD}_0 + P_0 E \qquad (2.2)$$

เมื่อ Min I คือ เวลาที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิในหน่วยวันจูเลียนศูนย์สุริยะ

HJD_0 คือ เวลาที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิที่ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในหน่วยวันจูเลียนศูนย์สุริยะ

P_0 คือ คาบการโคจรของระบบดาวคู่ ณ เวลาที่ใช้อ้างอิง

E คือ Epoch หรือจำนวนคาบที่ผ่านไปเมื่อพิจารณาจาก HJD_0

โดยที่ HJD_0 มีค่า Epoch = 0

เราสามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ได้โดยใช้แผนภาพ O – C

$$O = HJD_0 + P(E) \tag{2.3}$$

$$C = HJD_0 + P_0(E) \tag{2.4}$$

เมื่อ O คือ ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์

C คือ ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการคำนวณ

P(E) คือ คาบที่วัดได้จากการสังเกตการณ์

เมื่อนำสมการ (2.2) ลบด้วยสมการ (2.3) จะได้

$$O - C = P(E) + P_0(E) \tag{2.5}$$

ถ้าแผนภาพ O – C มีการกระจายแบบพาราโบลา จะได้

$$O - C = aE^2 + bE + C = P(E) + P_0E \tag{2.6}$$

อนุพันธ์สมการ (2.5) เทียบกับ E จะได้

$$\frac{dP}{dE}E = P(E) + P_0 = 2aE + b \tag{2.7}$$

เมื่อเทียบสัมประสิทธิ์ทั้งสองข้างของสมการจะได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$\frac{dP}{dE} = 2a \tag{2.8}$$

โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ $\frac{dP}{dE}$ วันต่อรอบ (day per cycle)

2.7 เวลาทางดาราศาสตร์

วันจูเลียน (Julian Date: J.D) คือ เวลาที่บันทึกเป็นเวลาสากล (Universal Time) และวัน เดือน ปี ซึ่งแทนด้วย Julian Date โดยเริ่มนับวันจูเลียนตั้งแต่เวลาเที่ยงวันสากล คือ 12h U.T. ของวันที่ 1 มกราคม 4713 ปีก่อนคริสตศักราช (ค.ศ.) วันจูเลียนจะใช้การกำหนดวันโดยโลกเป็นจุดศูนย์กลาง (Geocentric) ซึ่งวันจูเลียนสามารถคำนวณได้จากสมการ

J.D. = 2415020 +365 (ปี ค.ศ. - 1990) + (จำนวนวันนับจากวันเริ่มต้นปีใหม่)

+ (จำนวนปี ค.ศ. ที่หารด้วย 4 ลงตัวนับตั้งแต่ปี ค.ศ.1900) – 0.5 (2.9)

วันจูเลียนศูนย์สุริยะ (Heliocentric Julian Date: H.J.D.) คือเวลาทางดาราศาสตร์ที่นับเป็นจำนวนวัน มีค่าบ่งชี้ในรูปของทศนิยมของวัน เริ่มนับวันใดวันหนึ่งในอดีตเป็นเวลาเริ่มต้นโดยมีดวงอาทิตย์เป็นจุดศูนย์กลาง

การคำนวณเฟสของวงโคจรระบบดาวคู่อุปราคาต้องเทียบวันจูเลียนสุริยะ ณ เวลาที่แสงของระบบดาวคู่อุปราคาน้อยที่สุดที่เคยมีผู้สังเกตการณ์หาไว้แล้วในอดีต เรียกค่าเวลาดังกล่าวว่า ยุค (Epoch) ของการสังเกตการณ์กับวันจูเลียนศูนย์สุริยะ ณ เวลาที่แสงน้อยที่สุดในการสังเกตการณ์ครั้งล่าสุด รวมทั้งคาบการโคจรโดยการหาค่าเฟส ซึ่งการโคจรแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

1. เมื่อวันจูเลียนศูนย์สุริยะน้อยกว่า Epoch สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Phase} = 1 - \text{Frrction Part of } \frac{\text{HJD - Epoch}}{\text{Period}} \quad (2.10)$$

2. เมื่อวันจูเลียนศูนย์สุริยะน้อยกว่า Epoch สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Phase} = \text{Frrction Part of } \frac{\text{HJD - Epoch}}{\text{Period}} \quad (2.11)$$

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.8 การปรับปรุงภาพถ่ายสู่ค่ามาตรฐาน

เนื่องจากภาพถ่ายที่ได้จากการบันทึกของซีซีดีในตอนแรกมีผลกระทบจากสิ่งต่างๆ รวมเข้าไปด้วยกัน ทำให้ภาพที่ได้ไม่ค่อยสมบูรณ์ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกำจัดผลกระทบต่างๆ ออกก่อนที่จะนำภาพไปใช้งาน

1. Bias Frames คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบอิเลคทรอนิกส์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้โดยการถ่ายภาพในขณะที่ซีซีดีทำงาน แต่ไม่ได้รับแสง ดังนั้นสัญญาณที่ได้จะเกิดจากตัวซีซีดีและอุปกรณ์การถ่ายภาพเองโดยการถ่าย Bias Frames จะใช้เวลาในการถ่ายภาพ 0 วินาทีและควรถ่ายหลายๆ ภาพ แล้วนำภาพที่ได้มารวมแบบ Median เพื่อที่จะได้ค่าถูกต้องมากขึ้น

2. Dark Frames คือ สัญญาณที่เกิดจากการที่อุณหภูมิของซีซีดีมีผลต่ออิเล็กตรอนในซีซีดีชิ เช่น เมื่อซีซีดีมีอุณหภูมิอิเล็กตรอนจะวิ่งด้วยความเร็วสูง ทำให้มีสัญญาณออกมาจากอิเล็กตรอนเอง ไม่ใช่สัญญาณที่เกิดจากแสงดาว วิธีกำจัดสัญญาณรบกวนทำได้โดยการถ่าย Dark Frames ซึ่งเป็นวิธีการที่สำคัญในการปรับปรุงภาพถ่ายซึ่งจะต้องถ่ายในที่มืดจริงๆ และจะต้อง ถ่ายภาพที่อุณหภูมิเดียวกับที่เก็บข้อมูล โดยใช้เวลาในการถ่ายเท่ากับเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพดาวที่ต้องการ

3. Flat Fields คือ การลดสัญญาณที่ไม่ต้องการ ซึ่งเกิดจากการที่ความไวของการรับสัญญาณของผิวหน้าซีซีดีชิพ (CCD chip) แต่ละพิกเซลมีการตอบสนองไม่เท่ากัน หรือฝุ่นที่เกาะอยู่บน กระจก เลนส์ ฟิลเตอร์ และซีซีดี เป็นต้น การแก้ไข Flat Fields ทำได้โดยการถ่ายภาพที่มีความเข้มแสงสม่ำเสมอ เนื่องจากการถ่ายภาพ Flat Fieldsต้องถ่ายในบริเวณที่มีความเข้มแสงค่อนข้างมาก ดังนั้น ควรใช้เวลาในการถ่ายที่ให้แสงประมาณ 60%-80% ของประสิทธิภาพของซีซีดี เพื่อป่องกันการอิ่มตัวของ ซีซีดีขึ้น

สมการของการปรับปรุงภาพถ่ายสู่ค่ามาตรฐาน (Calibration) สามารถคำนวณได้จาก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$\text{Cal.Frame} = \frac{\text{Raw} - \text{Dark} - \text{Bias}}{\text{Flat}} \qquad (2.12)$$

เมื่อ Cal.Frame คือ ภาพถ่ายที่ทำการแก้ไขแล้ว

Raw คือ ภาพถ่ายดาว (ข้อมูลดิบ)

Dark คือ ภาพถ่ายปิดชัตเตอร์เวลาเท่ากับเวลาถ่ายดาว

Bias คือ ภาพถ่ายด้วยเวลา 0 วินาที

Flat คือ ภาพถ่ายแสงดาว

2.9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เชิดตระกูล หอมจำปา (2553) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและสร้างแบบจำลองโครงสร้างกายภาพของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด DF Hydrae โดยทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้วยกล้องโทรทรรศน์ชนิดริชชี เครเทียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร บันทึกข้อมูลด้วยระบบซีซีดี โฟโตเมทรี ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง ซึ่งผลการวิเคราะห์กราฟแสงด้วยโปรแกรมวิลสัน เดวินนี พบว่า ดาวคู่มีค่า degree of contract ประมาณร้อยละ 2.91 มีอัตราส่วนมวลเฉลี่ย 2.29479$\pm$0.00767 และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.39×10^{-7} วันต่อปี

ธนวัฒน์ รังสูงเนิน (2558) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่เอฟแซต โอไรโอนิส โดยทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร บันทึกข้อมูลด้วยระบบซีซีดีโฟโตเมทรี ผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ผลปรากฏว่าระบบดาวคู่เอฟแซต โอไรโอนิส เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกันตามแบบจำลองของโรช โดยมีการเปลี่ยบคาบวงโคจรลดลง 4.8416×10^{-19} วินาทีต่อปี และมีคาบวงโคจร เป็น 0.39998 วัน และจากการวิเคราะห์แผนภาพ O-C พบว่าการเปลี่ยนคาบวงโคจาปรากฏลักษณะเป็นคาบซ้อนอยู่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยการมีอยู่ของวัตถุที่สาม และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิลสัน เดวินนี เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่แบบจำลองชุดที่หนึ่ง พบว่า มีอัตราส่วนต่อมวล เท่ากับ 0.14 และมีค่ามุมเอียง 68.24 ± 0.359 องศาและแบบจำลองชุดที่สองแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะมีวัตถุที่สาม ในระบบ จากผลการคำนวณค่าแสงของวัตถุที่สามพบว่ามีค่าแสงน้อย

ธนวัฒน์ รังสูงเนิน (2554) ได้ศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่ดับเบิลยู เออร์ซา แอลโอ แอนโดรเมด้า โดยทำการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร บันทึกข้อมูลด้วยระบบซีซีดี โฟโตเมทรีผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลืองและสีแดง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ผลปรากฏว่าได้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด 3 ค่า ได้แก่ ขณะเกิดอุปราคาปฐมภูมิ 2 ครั้งและอุปราคาทุติยภูมิ 1 ครั้ง ทำการวิเคราะห์หาค่าสมการ Ephemeris ใหม่ ผลปรากฏว่าได้ค่าเท่ากับ HJD (Min) = 2453655.45049 + 0.38082E จากนั้นนำข้อมูล Epoch และ HJD (Min) ไป คำนวณเพื่อหาสมการ O - C ให้ทราบคาบวงโคจรใหม่ของดาวคู่มีค่าเท่ากับ 0.38082378 วัน มีอัตราการเปลี่ยน คาบวงโคจรเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.96×10^{-10} วันต่อรอบ หรือ 0.00189 วินาทีต่อปี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สาวิตรี เดชศรีมนตรี (2557) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและศึกษาลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคาประเภท ดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส V1853 โอไรออนิส โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องโทรทรรศน์พรอม 8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เมตร ณ หอดูดาวซีกฟ้าใต้ ประเทศชิลี ซึ่งเชื่อมต่อกับซีซีดีโฟโตเมทรีผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง จากการวิเคราะห์ดาวคู่นี้มีคาบการโคจร 0.382999000 วัน สามารถสร้างสมการ Linear ephemeris ใหม่ คือ Min I = 2454066.5779 + 0.3830038E และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบลดลง 0.08074130 วินาทีต่อปี

เสาวลักษณ์ ปัญญามี, จุฑามาศ วังรัก และวิระภรณ์ ไหมทอง, 2558 ได้ศึกษาการเปลี่ยนคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรi ร่วมกับกล้องดิจิตอล DSLR นำข้อมูลมาวิเคราะห์การเปลี่ยนคาบการแปรแสง พบว่าคาบการโจรรอบกันประมาณ 0.2841026 วัน และมีช่วงอัตราการโคจรเพิ่มขึ้น 0.00108 วินาทีต่อปี สอดคล้องกับทฤษฎี thermal Relaxation Oscillation (TRO) และจากการวิเคราะห์ยังพบว่าค่า O-C มีการเพิ่มขึ้นของคาบการโคจร และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบซ้อนกันอยู่ ซึ่งสามารถอธิบายได้ถึงการมีอยู่ของวัตถุที่สามที่มีรัศมีวงโคจรอยู่ที่ประมาณ 3.67 AU และมีคาบการโคจรของสมาชิกดวงที่สามประมาณ 18.78 ปี และมีการเพิ่มขึ้นของคาบการโคจร และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นคาบซ้อนกันอยู่

Lucy และคณะ (1678) ได้เสนอแบบจำลองของระบบดาวคู่ผ่านทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillation (TRO) โดยพิจารณาว่า ในระบบดาวคู่ที่เริ่มแตะกัน (Marginal Contact) จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างดาวทั้งสอง ถ้าพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างมวลและรัศมีของดาวทั้งสองนี้เมื่อเทียบกับดาวที่อยู่ในแถบกระบวนหลัก พบว่ามวลของดาวทั้งสองจะมีค่าต่ำกว่ามวลของดาวในกระบวนหลักที่อยู่ในสมดุล ดังนั้นถ้าดาวดวงหนึ่งอยู่ในแถบกระบวนหลักแล้ว ดาวอีกดวงหนึ่งต้องมีขนาดเล็กลง ดาวทั้งสองจึงจะอยู่ในผิวสมศักย์เดียวกันได้ นอกจากนี้อัตราการแผ่พลังงานของดาวดวงที่สองจะต้องมีค่าเท่ากับอัตราพลังงานที่ไหลผ่านไปยังผิวห่อหุ้มร่วม และทำให้เกิดการถ่ายเทมวลไปยังดาวอีกดวงหนึ่ง ทำให้อัตราส่วนมวลมีค่าลดลง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี