

บทที่ 2

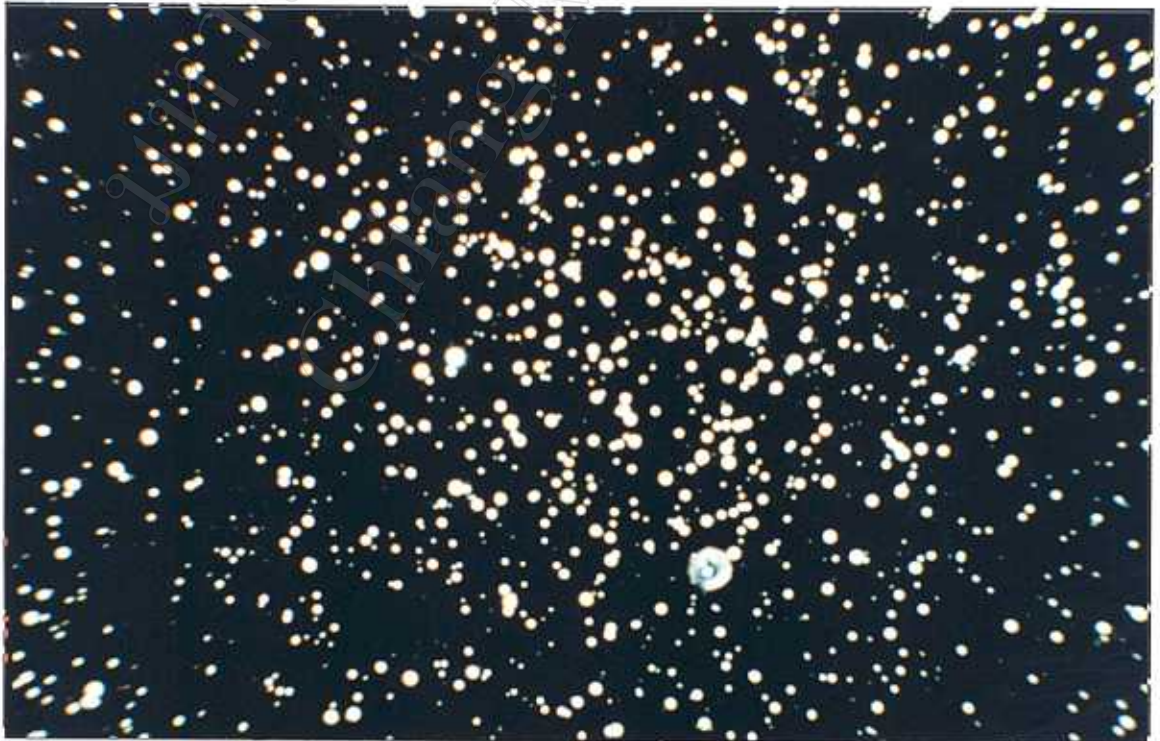
ทฤษฎี

2.1 กระจุกดาว (Star Clusters)

กระจุกดาวเป็นระบบของดาวจำนวนมากที่อยู่ใกล้กัน กระจุกดาวบางกลุ่มจะมีดาวกระจุกกระจายอย่างหลวมๆ แต่บางกลุ่มก็มีดาวจำนวนมากอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น จากการสังเกตการณ์นักดาราศาสตร์สามารถแบ่งกระจุกดาวได้เป็น 2 พวกคือ

2.1.1 กระจุกดาวเปิด (Open Clusters)

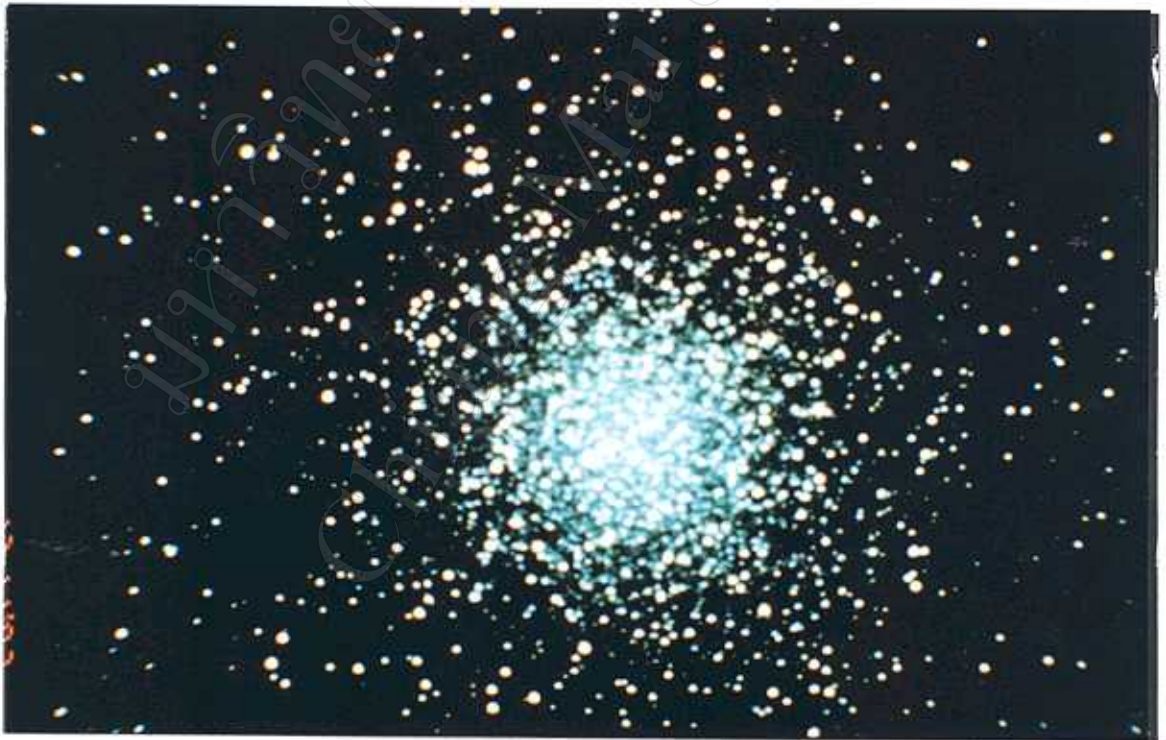
กระจุกดาวเปิด หรือกระจุกดาวกาแลคติก เป็นกระจุกดาวที่พบมากแถบบริเวณนากกาแลคซี มีสมาชิกประกอบด้วยดาวฤกษ์อยู่รวมกันอย่างหลวมๆ ไม่แสดงโครงสร้างรูปร่างชัดเจน เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จะสามารถมองเห็นดาวแต่ละดวงแยกกันอย่างชัดเจน และในกระจุกดาวบางกลุ่มก็สามารถมองเห็นดาวแต่ละดวงแยกกันด้วยตาเปล่าเท่านั้น ดังแสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 กระจุกดาวเปิด

2.1.2 กระจุกดาวปิด (Globular Clusters)

กระจุกดาวปิด เป็นกระจุกดาวที่มีดาวอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น และมีรูปร่างค่อนข้างจะเป็นทรงกลม มีสมาชิกมากกว่ากระจุกดาวเปิดมาก เมื่อใช้กล้องโทรทรรศน์ส่องบริเวณใจกลางของกระจุกดาวพบว่าไม่สามารถแยกให้เห็นแต่ละดาวได้ ตำแหน่งของกระจุกดาวประเภทนี้มักพบในบริเวณเฮโล(Halo)ของกาแล็กซี ดังนั้น สมาชิกในกระจุกดาวปิดจึงเป็นดาวที่มีอายุมากดังแสดงในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 กระจุกดาวปิด

2.2 เทคนิคการวิจัยทางดาราศาสตร์

การศึกษาทางดาราศาสตร์ ไม่ใช่เป็นเพียงแต่การมองผ่านกล้องดูดาว แล้วมองเห็นวัตถุท้องฟ้า อย่างที่คนส่วนใหญ่คิดกัน แต่การศึกษาทางดาราศาสตร์นั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะศึกษาคุณสมบัติของ วัตถุท้องฟ้าต่างๆ กลไก ปฏิกริยาและระบบของสิ่งเหล่านั้นเพื่อจะได้นำมาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ เกิดขึ้นในธรรมชาติ ตลอดจนการศึกษาให้ทราบถึงขั้นตอนของการวิวัฒนาการของระบบดวงดาว ซึ่งจะ ทำให้เราทราบถึงการวิวัฒนาการของระบบสุริยะของเราได้ด้วย

ดังนั้น ถ้าพึ่งแต่กล้องดูดาวเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะนำมาใช้ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของ วัตถุท้องฟ้าได้ทั้งหมด จำเป็นที่จะต้องคิดสร้างอุปกรณ์อื่นๆ อีกมากมายมาใช้ร่วมกับกล้องดูดาว เพื่อที่ จะวัดคลื่นที่แผ่ออกมาจากวัตถุท้องฟ้าเหล่านั้นในรูปแบบต่างๆ กัน ซึ่งคลื่นทั่วไปที่พิจารณามากที่สุด ได้แก่คลื่นแสง

คลื่นแสง เมื่อนำมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือแถบสเปกตรัม ก็จะทำให้สามารถที่จะ ศึกษาคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงได้อย่างละเอียด อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบรับสัญญาณของวัตถุท้องฟ้า ส่วนมากได้แก่ อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และทางด้านแสง อุปกรณ์และเทคนิคการวิจัยทางดารา ศาสตร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและสำคัญ พอกล่าวสรุปได้ดังนี้

2.2.1 เทคนิคทางโฟโตอิเล็กตริก โฟโตเมตรี

เทคนิคทางโฟโตอิเล็กตริก โฟโตเมตรี (Photoelectric Photometry Techniques) เป็นเทคนิคที่เปลี่ยนแสงจากดวงดาวให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า โฟโต อิเล็กตริก โฟโตมิเตอร์ ซึ่งใช้ร่วมกับระบบแผ่นกรองแสงชนิดต่างๆ เช่น แผ่นกรองแสงแบบแถบกว้าง แผ่นกรองแสงแบบแถบปานกลางและแผ่นกรองแสงแบบแทรกสอด ในแถบความยาวคลื่นต่างๆ เทคนิคทางโฟโตอิเล็กตริก โฟโตเมตรี นี้ นำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัตถุท้องฟ้า ได้อย่างมากมาย เช่น การแปรแสงของดาวคู่อุปราคา ตลอดจนกลไกการเปลี่ยนแปลงมวลของระบบดิ่ง กลาว พารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์บรรยากาศของดาวฤกษ์ การผลิตอนุพลของดาวหาง เนื่องจากผลของลมสุริยะ ตลอดจนการพัฒนาเกี่ยวกับทฤษฎีการวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

2.2.2 เทคนิคทางสเปกโทรสโคปี

เทคนิคทางสเปกโทรสโคปี (Spectroscopic Techniques) เป็นเทคนิคที่เปลี่ยน

แปลงแสงจากดวงดาวให้อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่าสเปกโตรกราฟ (Spectrograph) ดาวแต่ละชนิดจะให้ลักษณะของเส้นสเปกตรัมที่แตกต่างกันไป ดังนั้น การวิเคราะห์เส้นสเปกตรัม จะทำให้นักดาราศาสตร์สามารถศึกษาปริมาณของธาตุต่างๆ ซึ่งประกอบเป็นดาวฤกษ์ได้ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม โลหะต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ความโน้มถ่วงที่ผิวดาว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถสร้างแบบจำลองของบรรยากาศดาวฤกษ์แต่ละชั้นได้ ทั้งๆ ที่จากการสังเกตการณ์ไม่ว่ากล้องดูดาวจะขนาดใหญ่เท่าใดก็ตาม ก็จะมองเห็นดาวฤกษ์เป็นจุดเท่านั้น

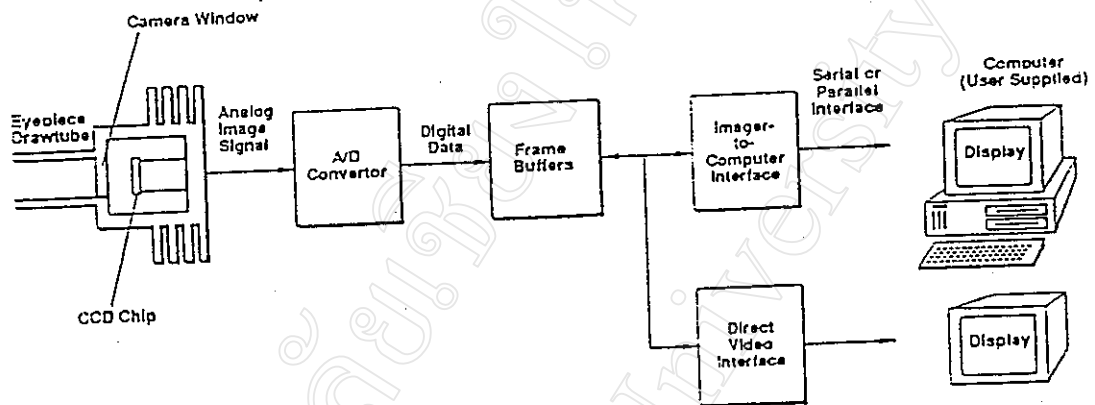
2.2.3 เทคนิคการถ่ายภาพ

เทคนิคการถ่ายภาพ (Photographic Techniques) ในทางดาราศาสตร์นิยมใช้กล้องดูดาวแบบชมิทท์ (Schmidt Telescope) ในการถ่ายภาพ เนื่องจากสามารถถ่ายภาพกินอาณาบริเวณหลายองศาบนท้องฟ้า ทำให้ได้ภาพดาวเป็นจำนวนมาก เมื่อใช้ร่วมกับแผ่นกรองแสงชนิดต่างๆ จะทำให้สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุท้องฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำแผนที่สำรวจท้องฟ้า หาดาวหางหรือมหานวดารา ตลอดจนศึกษาการแปรแสงของดาวฤกษ์บางชนิดได้ดี ในปัจจุบันมีการปรับปรุงอุปกรณ์ที่เรียกว่า Charge Couple Device หรือ CCD ทำให้ประสิทธิภาพของกล้องดูดาวขนาดเล็กสูงขึ้นเทียบเท่ากับกล้องดูดาวขนาดใหญ่ๆ ได้ หรือเพิ่มประสิทธิภาพของกล้องดูดาวขนาดใหญ่เพื่อใช้ศึกษาวัตถุท้องฟ้าที่อยู่ไกล เช่น คาราจักรบางคาราจักร หรือ วัตถุถึงดาว เป็นต้น

2.3 ระบบ ซี ซี ดี โฟโตมิเตอร์

หลักการสำคัญทาง ซี ซี ดี โฟโตเมตรี นั้น เมื่อแสงจากวัตถุท้องฟ้าตกกระทบบน CCD chip ซึ่งทำด้วยสารกึ่งตัวนำ อะตอมจะถูกไอออไนซ์โดยโฟตอนเกิดเป็นไอออน และอิเล็กตรอนอิสระ จำนวนไอออนและอิเล็กตรอนอิสระจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณโฟตอนจากวัตถุท้องฟ้าที่ตกกระทบ CCD chip เมื่อให้ความต่างศักย์สูงระหว่างขั้วจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้างี้กล่าวอาจถูกขยายโดยวงจรขยาย (Amplifier) เพื่อให้มีค่ามากพอในการที่จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณภาพออกทางจอคอมพิวเตอร์ ที่จอคอมพิวเตอร์จะมีรูปกากบาท เมื่อเราต้องการวัดค่าโชติมาตรของดาวดวงใด ก็เลื่อนกากบาทไปตรงที่มีค่าน้อยที่สุดก่อนแล้วกดคีย์บอร์ดที่ B ให้ค่าโชติมาตรตรงนี้มีค่าเท่ากับ 99 จากนั้นถ้าเราต้องการวัดค่าโชติมาตรของดาวดวงใด ก็เลื่อนกากบาทไปที่ดาวดวงนั้น ค่าโชติมาตรที่วัด

ได้จะปรากฏขึ้นบนจอ หรือถ้าเราทราบค่าโชติมาตรปรากฏของดาวดวงใดดวงหนึ่งในภาพ เราก็เลื่อน
 ภาคนาฬิกาไปที่ดาวดวงนั้นแล้วกำหนดค่าโชติมาตรให้เท่ากับค่าโชติมาตรปรากฏ โดยกดคีย์บอร์ดที่ - หรือ
 + จากนั้นเราก็เลื่อนภาคนาฬิกาไปที่ดาวดวงอื่น ค่าโชติมาตรที่ได้ของดาวดวงอื่นจะเป็นค่าโชติมาตร
 ปรากฏ รูปที่ 2.3 แสดงระบบ ซี ซี ดี ไฟโตมิเตอร์



รูปที่ 2.3 ระบบ ซี ซี ดี ไฟโตมิเตอร์

2.4 กล้องดูดาวแบบสะท้อนแสง (Reflector)

กล้องดูดาวแบบสะท้อนแสง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กระจกปฐมภูมิ(Primary Mirror) ซึ่งเป็นกระจกที่รับแสงที่ตกกระทบบ้างแรกแล้วสะท้อนเข้าสู่กระจกทุติยภูมิ(Secondary Mirror) ซึ่งยียคอยู่
 กับโครงโลหะบางๆ ที่เรียกว่า "สไปเดอร์(Spider)" แสงที่สะท้อนจากกระจกทุติยภูมินี้จะมาโฟกัส
 ตำแหน่งที่เหมาะสมใดๆ ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องสะท้อนแสงด้วย

กล้องดูดาวแบบสะท้อนแสง จะไม่มีผลเนื่องจากความคลาดตรงค์ แต่ถ้าผิวกระจกเป็นแบบโค้ง
 ทรงกลม ก็จะมีผลเนื่องจากความคลาดทรงกลม ผลอันนี้สามารถแก้ไขได้ โดยทำผิวกระจกให้เป็น
 แบบโค้งพาราโบลา กล้องดูดาวแบบสะท้อนแสงที่นิยมใช้กันมีดังนี้คือ

2.4.1 กล้องดูดาวแบบโฟกัสปฐม

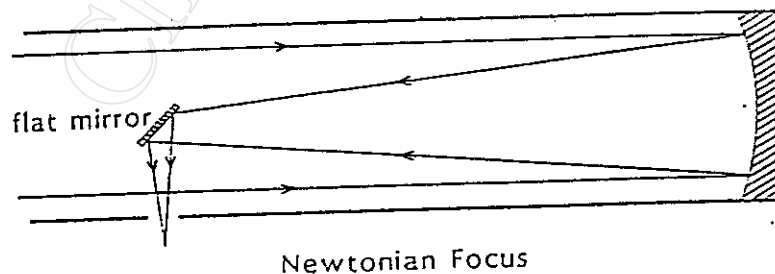
กล้องดูดาวแบบโฟกัสปฐม (Prime Focus System) เป็นระบบที่ เมื่อแสงตก
 กระทบกระจกปฐมภูมิแล้ว ไปรับภาพที่จุดโฟกัสแรกนี้เลย ข้อดีของระบบนี้ก็คือแสงมีการสูญเสีย
 พลังงานน้อย ทำให้สามารถสังเกตดาวที่มีโชติมาตรสูงๆ ได้ดี



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกล้องดูดาวแบบโฟกัสปฐม

2.4.2 กล้องดูดาวแบบนิวโตเนียน

กล้องดูดาวแบบนิวโตเนียน (Newtonian Reflector) ระบบนี้เป็นระบบที่แสงตกกระทบบนกระจกหลัก แล้วสะท้อนมาตกกระทบบนกระจกซึ่งวางเอียง 45 องศา กับแกนทัศนศาสตร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นกระจุกทุติยภูมิ แล้วไปโฟกัสที่ข้างกล้อง ในปัจจุบันใช้กระจกราบแบบวงรี (Elliptical Flat) แทนกระจุกทุติยภูมิซึ่งเป็นกระจกเงาแบบธรรมดา

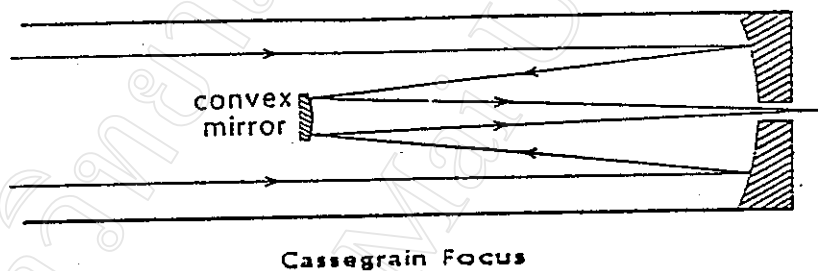


รูปที่ 2.5 โครงสร้างของกล้องสะท้อนแสงแบบนิวโตเนียน

2.4.3 กล้องดูดาวแบบคาสซิเกรน

กล้องดูดาวแบบคาสซิเกรน (Cassegrain Reflector) ระบบนี้ประกอบด้วยกระจกหลักขนาดใหญ่ ซึ่งเจาะเป็นรูตรงกลาง เพื่อที่จะให้แสงที่สะท้อนจากกระจกทุติยภูมิผ่านช่องนี้ แล้วมาโฟกัสที่หลังกระจกหลัก ระบบคาสซิเกรนนี้เป็นที่นิยมมากกว่าระบบนิวโตเนียน เนื่องจากติดตั้งอุปกรณ์การวิจัย เช่น โฟโตมิเตอร์ หรือสเปกโตรกราฟได้สะดวกกว่าและปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่า ซึ่งกล้องดูดาวขนาด 8,11 และ 16 นิ้ว ของหอดูดาวสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ก็เป็นกล้องแบบนี้

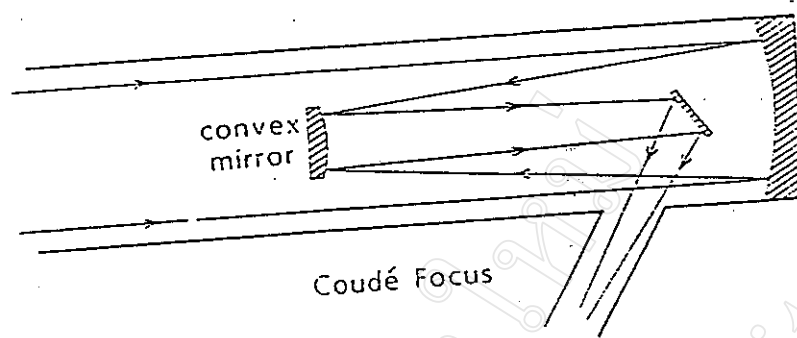
กล้องแบบคาสซิเกรนชนิดใหม่ ที่ได้รับการปรับปรุงผลเนื่องจากความคลาดโค้ง และโคมา รวมทั้งผลของความคลาดเอียงและความโค้งของสนามให้เหลือน้อยที่สุดเรียกว่า "Ritchey-Chretien Telescope"



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของกล้องสะท้อนแสงแบบคาสซิเกรน

2.4.4 กล้องดูดาวแบบคูเด

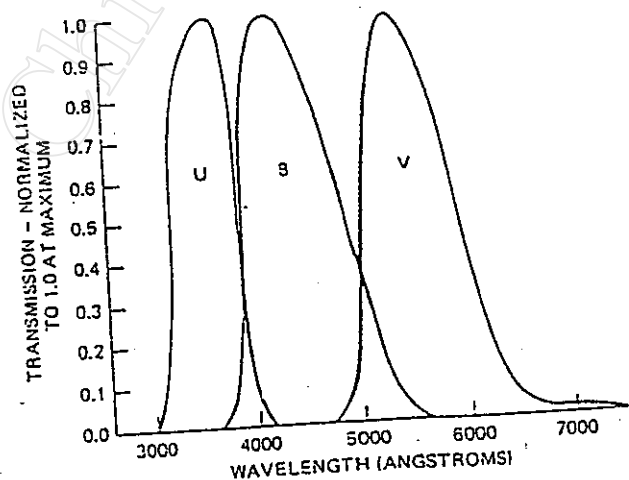
กล้องดูดาวแบบคูเด (Coude Reflector) เป็นกล้องที่จัดให้แนวของลำแสงผ่านเข้าสู่แกนโพลาร์ (Polar Axis) ของกล้องดูดาว ไม่ว่ากล้องดูดาวจะหันอยู่ในลักษณะใดก็ตาม ทำให้ผู้สังเกตการณ์มีความสะดวกในการวิจัยมาก แต่ข้อเสียของระบบนี้ก็คือ แสงมีการเสียพลังงานมากเนื่องจากการสะท้อนหลายครั้ง ประสิทธิภาพในการส่งผ่านแสงทั้งหมดของกล้องสะท้อนแสงแบบนี้โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 69 % สำหรับกระจกที่เพิ่งฉาบใหม่



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของกล้องจุลทรรศน์แบบคูเด

2.5 ระบบแผ่นกรองแสงแบบ UBV

ส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในระบบ ซี ซี ดี โฟโตมิเตอร์ ก็คือระบบแผ่นกรองแสง ซึ่งในการวัดความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากวัตถุท้องฟ้า นั้น นิยมวัดในช่วงความถี่หรือความยาวคลื่นของเส้นสเปกตรัม ที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายได้แก่ แผ่นกรองแสงชนิดแถบกว้าง (Wide Band Filter System) ในช่วงความยาวคลื่นอุตราไวโอเล็ต (U) มีความไวสูง ณ ความยาวคลื่น 3500 อังสตรอม สีน้ำเงิน (B) มีความไวสูง ณ ความยาวคลื่น 4250 อังสตรอม และสีเขียว (V) มีความไวสูง ณ ความยาวคลื่น 5500 อังสตรอม แต่ละแถบความยาวคลื่นจะมีช่วงกว้างประมาณ 1000 อังสตรอม ระบบนี้เรียกว่า “ระบบแผ่นกรองแสงแบบ UBV” ที่หอดูดาวสิรินธร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ก็ใช้แผ่นกรองแสงระบบนี้ รูปที่ 2.8 แสดงค่าฟังก์ชันการผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแผ่นกรองแสงแต่ละชนิด และตารางที่ 2.1 แสดงถึงคุณสมบัติของแผ่นกรองแสงแต่ละชนิดที่มีต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 2.8 ฟังก์ชันการผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแผ่นกรองแสงแต่ละชนิด

ชนิดแผ่นกรองแสง	ความยาวคลื่นแสงที่ส่งผ่านมากที่สุด (อังสตรอม)	แถบกว้าง (อังสตรอม)
U	3500	1000
B	4250	1250
V	5500	1000

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของแผ่นกรองแสงแต่ละชนิดที่มีต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.6 ตำแหน่งของดาวบนท้องฟ้า

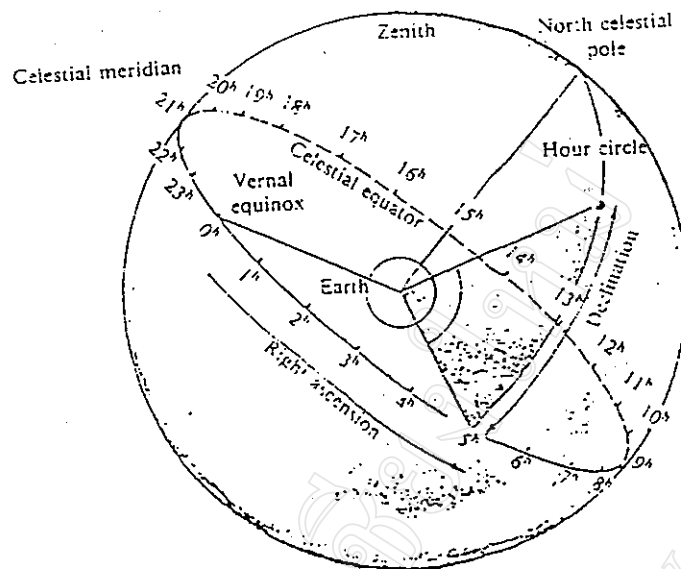
การบอกตำแหน่งของดาวบนท้องฟ้า สามารถบอกได้หลายระบบแล้วแต่ความเหมาะสม ระบบพิกัดศูนย์สูตรเป็นระบบหนึ่งที่ใช้กันมาก การบอกตำแหน่งของดาวด้วยระบบพิกัดศูนย์สูตร บอกได้ด้วยพิกัดสองชนิดคือ

2.6.1 เคคลิเนชัน

เคคลิเนชัน (Declination, Dec.) หมายถึง ระยะทางเชิงมุมจากเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้าไปทางเหนือหรือไปทางใต้ ถึงตำแหน่งของดาวตามเส้นวงกลมชั่วโมง ที่เส้นศูนย์สูตรท้องฟ้ามีค่าเคคลิเนชันเท่ากับ 0° ถ้าดาวอยู่ทางเหนือ เคคลิเนชันมีค่าตั้งแต่ 0° จนถึง $+90^\circ$ ถ้าดาวอยู่ทางใต้ เคคลิเนชันมีค่าตั้งแต่ 0° จนถึง -90° ใช้หน่วยเป็น องศา,ลิปดา,ฟิลิปดา สัญลักษณ์ของเคคลิเนชัน คือ δ

2.6.2 ไรต์แอสเซนชัน

ไรต์แอสเซนชัน (Right Ascension, R.A.) หมายถึงมุมที่จุดศูนย์กลางหรือส่วนโค้งบนเส้นศูนย์สูตรท้องฟ้า โดยเริ่มนับ 0 ชั่วโมง ที่จุดวสันตวิษุวัต (Vernal Equinox) ไปทางทิศตะวันออก จนถึง 24 ชั่วโมง เมื่อกลับมาสู่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง ใช้หน่วยเป็น ชั่วโมง,นาท,วินาที สัญลักษณ์ของไรต์แอสเซนชัน คือ α



รูปที่ 2.9 ค่าเดคลิเนชันและไรท์แอสเซนชัน

2.7 โชติมาตรของดาว

ดวงดาวบนท้องฟ้าจะมีความสว่างไม่เท่ากัน การบอกระดับความสว่างของดวงดาวเรบอกด้วยค่า โชติมาตร (Magnitude) ความสว่างของดวงดาวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ขนาด และระยะทางที่ดาวอยู่ห่างจากโลก ดังนั้นการบอกระดับความสว่างของดวงดาวจึงบอกเป็นค่าโชติมาตรปรากฏ (Apparent Magnitude) และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (Absolute Magnitude)

2.7.1 โชติมาตรปรากฏ

ในทางดาราศาสตร์ได้กำหนดเกณฑ์ที่แน่นอน เพื่อถือเป็นหลักในการกำหนดค่าโชติมาตรของดวงดาวว่า “ดวงดาวที่มีค่าโชติมาตรที่ 1 จะมีความสว่างมากกว่าดวงดาวที่มีค่าโชติมาตรที่ 6 อยู่ 100 เท่า”

ถ้าเรากำหนดให้ อัตราส่วนของความสว่างของดาวที่มีค่าโชติมาตรต่างกันเป็น a และผลต่างของค่าโชติมาตร 1 และ 6 คือ 5 ดังนั้นจะได้

$$a^5 = b_1/b_2 = 100$$

$$a = 10^{2/5}$$

$$a = 2.512$$

นั่นคือ ถ้าดาวที่มีค่าโชติมาตรต่างกัน 1 จะมีความสว่างต่างกัน 2.512 เท่า

พิจารณาดาวสองดวงที่มีค่าโชติมาตรเป็น m และ n และส่งพลังงานแสงมายังโลก มีความสว่างเป็น b_m และ b_n ดังนั้นผลต่างของโชติมาตรเท่ากับ $m-n$ จะแปรตามอัตราส่วนของความสว่าง b_n/b_m นั่นคือ

$$\begin{aligned} b_n / b_m &= 100^{(m-n)/5} \\ \log(b_n / b_m) &= \{(m-n)/5\} \log 100 \\ &= 0.4 (m-n) \\ m-n &= 2.5 \log(b_n / b_m) \quad (2.1) \end{aligned}$$

สมการ (2.1) คือนิยามของโชติมาตรปรากฏ จะเห็นว่าค่า $m > n$ เมื่อ $b_m < b_n$ นั่นคือ ดาวที่สว่างมากกว่าจะมีค่าโชติมาตรน้อยกว่า

2.7.2 โชติมาตรสัมบูรณ์

เมื่อเราทราบว่า โชติมาตรปรากฏของดาวขึ้นอยู่กับระยะทางของดาวด้วย เมื่อต้องการจะเปรียบเทียบระดับความสว่างของดาว เราจึงต้องกำหนดที่ระยะทางเท่ากัน ระยะทางที่เรากำหนดเพื่อการเปรียบเทียบคือระยะทางที่ห่างจากโลก 10 พาร์เซก (Parsec) โชติมาตรที่ระยะนี้เราเรียกว่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (Absolute Magnitude)

กำหนดให้โชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวเป็น M ความสว่างสัมบูรณ์เป็น B ในระยะทาง 10 พาร์เซก และโชติมาตรปรากฏเป็น m ความสว่างปรากฏเป็น b ในระยะทาง d พาร์เซก

จากกฎกำลังสองผกผันเราจะได้

$$B/b = (d/10 \text{ pc})^2 \quad ; \text{ pc คือ parsec}$$

อาศัยสมการที่ (2.1) จะได้

$$m - M = 2.5 \log (B/b)$$

$$m - M = 2.5 \log (d/10 \text{ pc})^2$$

$$m - M = 5 \log d - 5$$

$$M = m + 5 - 5 \log d \quad (2.2)$$

สมการที่ (2.2) เป็นสมการหาค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (M) ของดาว

2.8 สีและดัชนีสี

ดาวทั้งหลายที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้ามีสีแตกต่างกันไป ตั้งแต่สีแดงจนถึงสีน้ำเงินในช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็นได้ เช่น ดาวบีเทลจุส (Betelgeuse) และดาวแอนทาร์กิส (Antares) จะมีสีแดง ส่วนดาวซิริอุส (Sirius) จะมีสีขาว และดาวไรเจล (Rigel) มีสีน้ำเงินแกมขาว เป็นต้น ในการพิจารณาคำจำกัดความเกี่ยวกับสีของดาวนั้น จะใช้อุปกรณ์ทางแสงเข้าช่วย เช่น คาฟิล์มถ่ายรูป โพโคมิเตอร์ แผ่นกรองแสง เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้มีความไวต่อแสงสีต่างกัน

ตาของมนุษย์มีความไวต่อแสงสีแดงและสีเหลืองมากกว่าสีน้ำเงิน ดังนั้นตาจะเห็นดาวสีน้ำเงินมีค่าโชติมาตรมากกว่า (สว่างน้อย) ดาวสีแดง เมื่อดาวทั้งสองดวงนี้มีกำลังส่องสว่างที่แท้จริงและระยะทางเท่ากัน แต่ถ้าฟิล์มถ่ายรูปจะเกิดผลตรงกันข้าม กล่าวคือ ภาพของดาวสีน้ำเงินที่เกิดบนแผ่นฟิล์มจะใหญ่และเข้มกว่าภาพของดาวสีแดงเมื่อใช้เวลารับภาพเท่ากัน ความแตกต่างเหล่านี้นำมาเป็นหลักในการพิจารณาสีและดัชนีสีของดวงดาว โดยกำหนดว่า ดัชนีสี (Color Index, C) คือผลต่างของโชติมาตรเมื่อวัดด้วยอุปกรณ์ทางแสง 2 ชนิด ซึ่งมีผลตอบสนองทางแสงต่างกัน เช่น ในการสังเกตการณ์ทาง

โฟโตเมตรี ถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีน้ำเงินวัดโชติมาตรได้ B และถ้าใช้แผ่นกรองแสงสีเหลืองวัดโชติมาตรได้ V ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{ค่าดัชนีสี (C)} = B - V \quad (2.3)$$

หรือ

$$\text{ค่าดัชนีสี (C)} = -2.5 \log (C_b / C_v) \quad (2.4)$$

เมื่อ

C_b คือค่าการนับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B)

C_v คือค่าการนับสุทธิในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V)

ดาวที่มีสีน้ำเงินค่าดัชนีสีจะเป็นลบ ดาวที่มีสีเหลืองค่าดัชนีสีจะเป็นบวก และถ้าดาวเป็นดาวที่มีสีขาวถือว่าดาวดวงนี้มีผลตอบสนองต่อสีน้ำเงินและสีเหลืองเท่ากัน ค่าดัชนีสีจะเท่ากับศูนย์

2.9 การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก

บรรยากาศที่หุ้มห่อโลกมีผลต่อการลดของแสงดาว ถ้าทำการสังเกตการณ์บนพื้นโลก เมื่อดาวอยู่ที่ขอบฟ้าแสงดาวจะผ่านบรรยากาศของโลกเป็นระยะทางมากกว่าเมื่อดาวอยู่ ณ ระยะเวลาเมฆที่สูงขึ้นไป และจะผ่านเป็นระยะทางน้อยที่สุดเมื่อดาวอยู่ที่ตำแหน่งเหนือศีรษะ หรือจุดเซนิท (Zenith) ดังนั้นเมื่อค่ามุมเงยของดาวถูกเพิ่มขึ้นแสงดาวจะปรากฏสว่างขึ้น นอกจากนั้นยังพบอีกว่าสีของดาวเมื่ออยู่ใกล้ระดับขอบฟ้าจะปรากฏแดงกว่าความเป็นจริง และผลดังกล่าวนี้จะลดลงเมื่อตำแหน่งของดาวสูงขึ้น

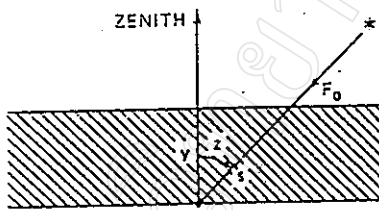
2.9.1 มวลอากาศ

ความหนาแน่นของบรรยากาศของโลกกำหนดในเทอมของ “มวลอากาศ (Air Mass, X)” ดังนั้น ณ บริเวณขอบฟ้าค่ามวลอากาศจะมากและลดลงเมื่อมุมเงยเพิ่มขึ้น โดยกำหนดว่า

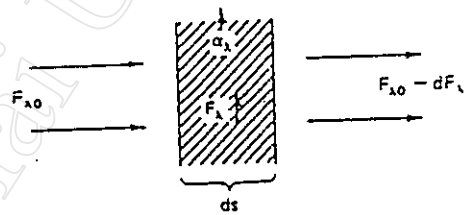
$$\text{ระยะเซนิท (Z)} = 90^\circ - \text{มุมเงย} \quad (2.5)$$

z	sec z	X	Correction	z	sec z	X	Correction
0°....	1.000	1.000	0.000	69°....	2.790	2.773	0.017
30.....	1.155	1.154	.001	70.....	2.924	2.904	.020
60.....	2.000	1.995	.005	71.....	3.072	3.049	.023
61.....	2.063	2.057	.006	72.....	3.236	3.209	.027
62.....	2.130	2.123	.007	73.....	3.420	3.388	.032
63.....	2.203	2.196	.007	74.....	3.628	3.558	.040
64.....	2.281	2.273	.008	75.....	3.864	3.816	.048
65.....	2.366	2.356	.010	76.....	4.134	4.075	.059
66.....	2.459	2.448	.011	77.....	4.445	4.372	.073
67.....	2.559	2.546	.013	78.....	4.810	4.716	.094
68.....	2.670	2.655	0.015	79.....	5.241	5.120	0.121

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลอากาศ (X) และค่าระยะเซนทิ (Z)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.10 (ก) ทางเดินของแสงดาวผ่านบรรยากาศของโลก ณ ค่าระยะเซนทิ (Z)

(ข) การหักเหแสงเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก

รูปที่ 2.10 (ก) แสดงทางเดินของแสงดาวผ่านชั้นบรรยากาศของโลก เมื่ออนุโลมว่าบรรยากาศของโลกเป็นลักษณะระนาบขนาน (Plane-Parallel Atmosphere) ข้อกำหนดดังกล่าวใช้ได้โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 2% เมื่อสังเกตดาวที่มีค่ามุมเงยไม่ต่ำกว่า 30° หรือมีค่าระยะเซนทิไม่เกิน 60° และอาจประมาณได้ว่า

$$X = \sec Z$$

ซึ่ง

$$\sec Z = (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H)^{-1} \quad (2.6)$$

โดย ϕ เป็นละติจูดของผู้สังเกต
 δ เป็นเดคลิเนชันของดาว
 H เป็นค่ามุมชั่วโมงของดาว ณ เวลาสังเกตการณ์

สำหรับระยะZenithที่มีค่ามากกว่า 60° เงื่อนไขระยะนาบของบรรยากาศจะใช้ไม่ได้ ค่ามวลของอากาศจะสัมพันธ์กับระยะZenith โดยการประมาณของเบมโพราด (Bemporad Approximation) ดังนี้

$$X = \sec Z - 0.0018167 (\sec Z - 1) - 0.002875 (\sec Z - 1)^2 - 0.0008083 (\sec Z - 1)^3 \quad (2.7)$$

2.9.2 เทคนิคการแก้ผลการลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก

โดยทั่วไปอาจกำหนดเงื่อนไขระยะนาบของบรรยากาศได้ โดยถือว่าส่วนโค้งของผิวโลกมีผลน้อยมาก สำหรับการสังเกตการณ์ทางดาราศาสตร์เกี่ยวกับตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้า ที่มีค่ามุมเงยไม่น้อยกว่า 30° ตามรูปที่ 2.10 (ข) เมื่อแสงเดินทางผ่านบรรยากาศของโลกซึ่งมีความหนาแน่น ds ฟลักซ์ของแสงจะสูญเสียไป dF_λ ค่าการสูญเสียของฟลักซ์ดังกล่าวนี้มีค่าเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ทั้งหมดของดาว (F_λ) และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (α_λ) ตลอดจนระยะทางที่แสงผ่านในบรรยากาศ (ds) ดังนั้น

$$dF_\lambda = -F_\lambda \alpha_\lambda ds \quad (2.8)$$

เครื่องหมายลบแสดงว่า F_λ ลดลงหรือถูกดูดกลืน เมื่อระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ในบรรยากาศมากขึ้น

$$dF_\lambda / F_\lambda = -\alpha_\lambda ds$$

ถ้าบรรยากาศมีความหนา S ดังนั้นอินทิเกรตตั้งแต่ผิวของบรรยากาศเป็นระยะทาง S จะได้ว่า

$$F_\lambda / F_{\lambda_0} = \exp \left(- \int_0^S \alpha_\lambda ds \right) \quad (2.9)$$

ซึ่ง F_{λ_0} เป็นฟลักซ์ที่ตกกระทบ ณ ผิวด้านบนของบรรยากาศ

ถ้ากำหนดว่า

$$\tau_\lambda = \int_0^s \alpha_\lambda ds \quad (2.10)$$

ดังนั้น

$$F_\lambda / F_{\lambda_0} = e^{-\tau_\lambda} \quad (2.11)$$

อัตราส่วนของฟลักซ์ในสมการ (2.11) อาจเขียนได้ในรูปผลต่างของโชติมาตรดังนี้

$$\begin{aligned} m_\lambda - m_{\lambda_0} &= -2.5 \log (F_\lambda / F_{\lambda_0}) \\ &= -2.5 \log (e^{-\tau_\lambda}) \\ &= 1.086 \tau_\lambda \\ &= 1.086 \sec Z \int_0^y \alpha_y dy \end{aligned} \quad (2.12)$$

ดังนั้นอาจเขียนได้ว่า

$$m_{\lambda_0} = m_\lambda - K'_\lambda \sec Z \quad (2.13)$$

โดย $K'_\lambda = \int_0^y \alpha_y dy$ เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาว

เนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกที่มีความหนา y

ค่า K'_λ เป็นค่าสัมประสิทธิ์หลักซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก ดังนั้นจึงเรียก K'_λ ว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวอันดับหนึ่ง (First Order Extinction Coefficient)

2.9.3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลก อันดับที่หนึ่ง

ในการวิจัยทางฟิสิกส์ไฟฟ้า โฟโตเมตริก ในช่วงความยาวคลื่นแถบกว้างนั้น นิยมสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นอุลตราไวโอเล็ต (U) สีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ดังนั้นอาจเขียนค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวอันดับที่หนึ่ง ได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าโชติมาตรที่วัดได้โดยใช้เครื่องมือ กับค่ามวลอากาศ (X) ดังนี้

$$\begin{aligned} v_0 &= v + K'_v X \\ b_0 &= b + K'_b X \\ u_0 &= u + K'_u X \end{aligned} \quad (2.14)$$

u_0, b_0, v_0 คือค่าโชติมาตรที่วัดโดยเครื่องมือ ที่นอกบรรยากาศโลก

u, b, v คือค่าโชติมาตรที่วัดโดยเครื่องมือ ที่พื้นโลก

X คือค่ามวลอากาศ

ในเทอมของดัชนีสีอาจเขียนได้ดังนี้

$$(b-v)_0 = (b-v) + K'_{bv} X \quad (2.15)$$

$$(u-b)_0 = (u-b) + K'_{ub} X \quad (2.16)$$

โดย

$$K'_{bv} = K'_b - K'_v$$

$$K'_{ub} = K'_u - K'_b$$

โดยปกติทั่วไป ในทางโฟโตเมตริก จะมีการกำหนดค่าโชติมาตรมาตรฐาน และสีของดาวมาตรฐาน ซึ่งวัดโดยเครื่องบันทึกสัญญาณและชุดของแผ่นกรองแสงใดๆ เอาไว้ เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลทางโฟโตเมตริก ไม่ว่าจะทำการสังเกตการณ์ ณ สถานที่ใด จะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

ในทางปฏิบัติ อาจจะวัดฟลักซ์ของแสงดาวในช่วงความยาวคลื่นทั้งสาม ณ ค่ามวลอากาศต่างๆ ค่าความชันของกราฟระหว่างผลต่างของโชติมาตรที่แท้จริงและ โชติมาตรที่วัดโดยใช้เครื่องมือกับค่า

มวลอากาศ จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การลดของแสงดาวเนื่องจากผลของบรรยากาศของโลกอันดับที่หนึ่ง ในการสังเกตการณ์แต่ละคืน ผู้สังเกตการณ์ต้องวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวนี้ทุกคืนที่ทำการสังเกตการณ์ โดยเลือกความมาตรฐานที่เหมาะสม แล้วเทียบค่ามาตรฐานที่หาเอาไว้เพื่อประเมินคุณภาพของข้อมูลที่เก็บได้แต่ละคืน อย่างไรก็ตามข้อมูลที่วัดได้ อาจจะมีการกระจาย เนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงท้องถิ่น ซึ่งผู้สังเกตการณ์ต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ปรับข้อมูลดังกล่าว

2.10 การแปลงค่าสู่ระบบมาตรฐาน

การแปลงค่าโชติมาตรหรือสีที่วัดได้โดยเครื่องมือผู้ค่ามาตรฐาน ผู้ทำการสังเกตการณ์จะต้องวัดทั้งดาวโปรแกรมและความมาตรฐานสลับกันไป เพื่อให้การแปลงค่าโชติมาตรและสีของดาวโปรแกรมสู่ระบบมาตรฐานมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด

เมื่อให้ U, B และ V เป็นค่าโชติมาตรในระบบ UB V ของความมาตรฐานใดๆ

u, b , และ v เป็นค่าโชติมาตรที่วัดได้จากเครื่องมือของความมาตรฐาน

พบว่า

$$V = \epsilon(B-V) + V_0 + \xi_v \quad (2.17)$$

$$(B-V) = \mu(b-v)_0 + \xi_{bv} \quad (2.18)$$

$$(U-B) = \Psi(u-b)_0 + \xi_{ub} \quad (2.19)$$

โดย ϵ, μ, Ψ เป็นค่าสัมประสิทธิ์การแปลงค่าของโชติมาตรและสีในระบบ UB V ของสถานที่สังเกตการณ์ใดๆ

$\xi_v, \xi_{bv}, \xi_{ub}$ เป็นค่าจุดศูนย์ของโชติมาตรและสีในระบบ UB V ของสถานที่สังเกตการณ์ใดๆ

พิจารณาสมการ (2.17) ถ้า ϵ นั้นมีค่าน้อยมาก อีกทั้งความมาตรฐานที่ใช้มีค่า $B-V$ น้อยมาก ดังนั้นเทอม $\epsilon(B-V)$ จึงสามารถตัดทิ้งได้ เขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$V = v_0 + \xi_v \quad (2.20)$$

เช่นเดียวกัน Filter U และ B จะได้

$$U = u_0 + \xi_u \quad (2.21)$$

$$B = b_0 + \xi_b \quad (2.22)$$

แทนค่า u_0 , b_0 และ v_0 จากสมการ (2.14) ลงในสมการ (2.21) (2.22) และ (2.20) ตามลำดับ จะได้

$$U = u + K'_u X + \xi_u \quad (2.23)$$

$$B = b + K'_b X + \xi_b \quad (2.24)$$

$$V = v + K'_v X + \xi_v \quad (2.25)$$

เขียนสมการทั้งสามใหม่ได้ว่า

$$U - u = K'_u X + \xi_u \quad (2.26)$$

$$B - b = K'_b X + \xi_b \quad (2.27)$$

$$V - v = K'_v X + \xi_v \quad (2.28)$$

จากสมการ (2.26) ถ้าเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $(U - u)$ กับ X จะได้กราฟเส้นตรงมีความชันเท่ากับ K'_u และจุดตัดแกนตั้งเท่ากับ ξ_u เมื่อทราบ K'_u และ ξ_u แล้ว จากการสังเกตการถดถอยโปรแกรมแต่ละดวง ก็จะทราบค่าโชติมาตรที่วัดได้โดยเครื่องมือ (u) แทนกลับเข้าไปในสมการ (2.26) ก็จะทราบค่าโชติมาตรปรากฏของดาวโปรแกรมนั้น สำหรับชุดแผ่นกรองแสง B และ V ก็ทำเช่นเดียวกัน

2.11 การหาค่า อุณหภูมิสี อุณหภูมิสัมฤทธิ์ ความยาวคลื่นที่มีการแผ่รังสีมากที่สุด และอัตราการแผ่รังสีของดาว

ค่าอุณหภูมิสี (Color Temperature) มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีสี ดังนี้

$$T_c = 7,200 / (I + 0.64) \quad ; I \text{ เป็นค่าดัชนีสี (B-V)}$$

จากรายงานการวิจัยเกี่ยวกับ “การศึกษาอุณหภูมิสัมฤทธิ์ของสมาชิกในกระจุกดาวเปิดโดยทางเทคนิคโฟโตเมตริก” ของรศ. บุญรักษา ตุนทรธรรม และคณะ ปี พ.ศ.2530 ทำให้ทราบว่าค่าดัชนีสีแปรผกผันเชิงเส้นกับค่าส่วนกลับของอุณหภูมิสัมฤทธิ์ ยกเว้นบริเวณที่มีค่าดัชนีสีมาก ซึ่งเป็นข้อมูลของดาวยักษ์ไม่เหมือนกับของวัตถุคำ เมื่อวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพบว่า

$$1/T = (9.52307 * 10^{-5}) + 1.32488 * 10^{-4} (B - V) \quad (2.29)$$

จากกฎการจัดของ Wien

ถ้าให้ λ คือความยาวคลื่น จะได้ว่า

$$\lambda = (2.898 * 10^{-3}) / T \quad (2.30)$$

จากกฎของ Stefan & Boltzmann

เมื่อ R คืออัตราการแผ่พลังงาน และ K คือค่าคงที่ = $5.66 * 10^{-6}$ วัตต์/เมตร². เคลวิน⁴

$$\text{จะได้ว่า} \quad R = KT^4 \quad (2.31)$$

2.12 สเปกตรัมของดาว

ในปลายศตวรรษที่ 19 ได้มีการถ่ายสเปกตรัมของดาวหลายพันดวง ซึ่งพบว่าดาวต่างชนิดกัน มีเส้นสเปกตรัมที่ต่างกันไป ดังนั้นจึงมีการแบ่งชั้นสเปกตรัมของดาวเกิดขึ้น

นักดาราศาสตร์ท่านแรกที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดชั้นสเปกตรัมของดาว ได้แก่ แอนนี เจ แคนนอน (Anni J. Cannon) แห่งหอดูดาวมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ในขณะนั้นเขาได้จัดเป็นแคตาล็อกขึ้นมา ซึ่งเรียกว่า “แคตาล็อกของเฮนรี เดรอปเปอร์ (Henry Draper Catalogue)” ซึ่งดาวในแคตาล็อกนี้จะใช้ชื่อย่อว่า “HD” เช่น HD3176

ต่อมาพบว่า สเปกตรัมของดาวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของดาวด้วย ดังนั้นในการพิจารณาสเปกตรัมของดาวจึงพิจารณาเส้นมืดที่มีความเข้มมากๆ เป็นหลัก การแบ่งชั้นสเปกตรัมของดาวจากดาวที่ร้อนที่สุดจนถึงเย็นที่สุด จะเป็นดังนี้คือ O,B,A,F,G,K,M ชั้นของสเปกตรัมเหล่านี้ยังถูกแบ่งออกเป็นชั้นย่อยๆ อีกชั้นละ 10 กลุ่ม เช่น B0,B1,B2,...,B9 เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้เพิ่มชั้น R,N,S ขึ้นภายหลังอีกด้วย ดาวเหล่านี้มีอุณหภูมิลดลงตามลำดับ M แต่เส้นของสเปกตรัมเกิดจากธาตุต่างกัน ลักษณะสำคัญของดาวที่มีชั้นสเปกตรัมชนิดต่างๆ มีดังนี้

ชนิด O เป็นดาวที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 30,000 ถึง 60,000 K จนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมของธาตุต่างๆ เกิดการไอออไนซ์ขึ้น เส้นที่ปรากฏชัดเจนบนสเปกตรัมได้แก่ ฮีเลียม ออกซิเจนและไนโตรเจน รวมทั้งไฮโดรเจนด้วย ดาวแบบ O นี้มีชนิดหนึ่งที่เรียกว่า "ดาววูล์ฟ-ราเยท (Wolf-Rayet Star)" ดาวชนิดนี้แสดงเส้นสว่างของธาตุบางชนิด ซึ่งกว้างมากหลายอังสตรอม คาดว่าเส้นสว่างเหล่านี้เกิดจากกลุ่มก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงมากในบรรยากาศของดาวฤกษ์

ชนิด B เป็นดาวที่มีอุณหภูมิประมาณ 10,000 ถึง 30,000 K เส้นที่มีความเข้มมากที่สุดได้แก่ ฮีเลียมที่เป็นกลาง เส้นของไฮโดรเจนเข้มกว่าดาวแบบ O ตัวอย่างได้แก่ ดาวไรเจล และดาวบีกา

ชนิด A เป็นดาวที่มีอุณหภูมิประมาณ 7,500 ถึง 10,000 เส้นของไฮโดรเจนเข้มที่สุด เส้นของแมกนีเซียมและแคลเซียม ซึ่งถูกไอออไนซ์เป็นครั้งแรกเริ่มปรากฏ ตัวอย่างได้แก่ ดาวซิริอุส ดาวคิเนบ และดาววีกา

ดาวชั้น O,B และ A จะปรากฏเป็นสีน้ำเงินทั้งหมด

ชนิด F เป็นดาวที่มีอุณหภูมิประมาณ 6,000 ถึง 7,500 K เส้นของไฮโดรเจนเริ่มจางลงแต่เส้นของแคลเซียมที่ถูกไอออไนซ์ครั้งแรกเริ่มปรากฏชัดเจน มี 2 เส้นที่ชัดเจนเรียกเส้น H และ K ตัวอย่างเช่น ดาวคาโนปัส และดาวเหนือ

ชนิด G เป็นดาวที่มีอุณหภูมิประมาณ 5,000 ถึง 6,000 K ดาวชนิดนี้มีสีเหลือง เส้น H และ K ของแคลเซียมชัดเจนที่สุด ส่วนเส้นไฮโดรเจนพอมองเห็น ตัวอย่างเช่น ดวงอาทิตย์

ชนิด K เป็นดาวที่มีอุณหภูมิประมาณ 3,500 ถึง 5,000 K มีเส้นของโลหะเป็นกลางมากมาย ดาวชนิดนี้มีสีแดง เช่น ดาวอาร์คเทอรัส และดาวอัลดีบาแรน

ชนิด M เป็นดาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 3,500 K มีบรรยากาศที่เย็นมากจนกระทั่งโมเลกุลของก๊าซดำรงสภาพอยู่ได้ มีแถบสเปกตรัมไทเทเนียมออกไซด์ชัดเจน โดยเฉพาะชนิด M7 ตัวอย่างเช่น ดาวบีเทลจุส และแอนทาร์ตัส

ชนิด R และ N แสดงแถบโมเลกุลของคาร์บอน และสารประกอบของคาร์บอน

ชนิด S แสดงแถบโมเลกุลของเซอร์โคเนียมออกไซด์ และแลนทานัมออกไซด์

2.13 ชั้นของความสว่าง

ความแตกต่างระหว่างดาวต่างๆ ที่มีชั้นของสเปกตรัมเดียวกัน สามารถแบ่งได้เป็นชั้นๆ เรียกว่า “ชั้นของความส่องสว่าง(Luminosity Classes)” ซึ่งมีทั้งหมด 6 ชั้นได้แก่

ชั้น	I_a	หมายถึง พวกความหายากที่สว่าง(Bright Supergiants)
	I_b	หมายถึง พวกความหายาก(Supergiants)
	II	หมายถึง พวกความหายากที่สว่าง(Bright Giants)
	III	หมายถึง พวกความหายาก(Giants)
	IV	หมายถึง พวกความหายากเล็ก(Subgiants)
	V	หมายถึง พวกดาวแคระ(Dwarfs)

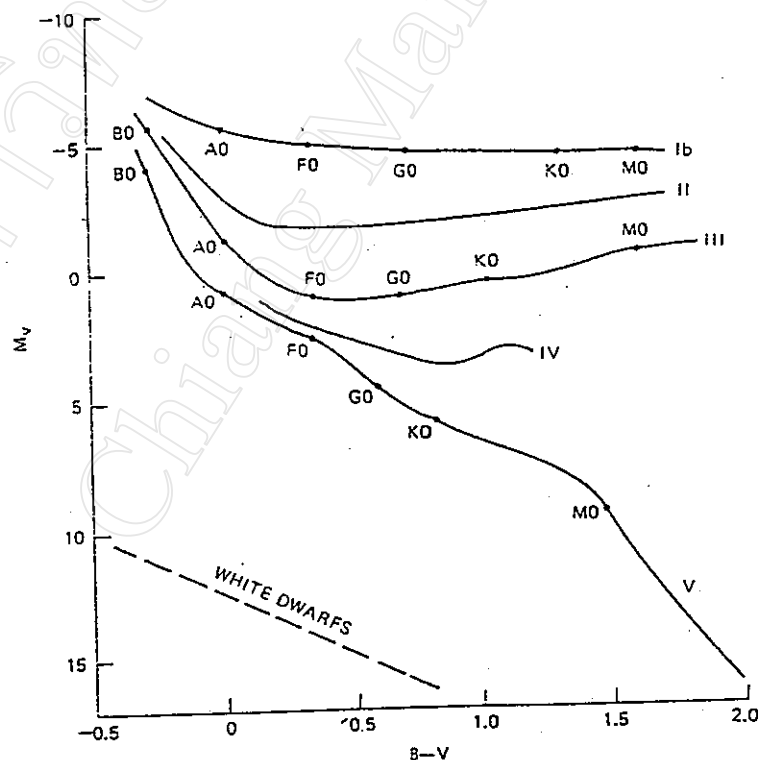
ในการกำหนดชั้นสเปกตรัมของดาว นิยมบอกชั้นของความสว่างไปด้วย เช่น KOIII B8V เป็นต้น

2.14 แผนภาพเอิร์ทซ์ปรุง-รัสเซลล์

ในราวต้นศตวรรษที่ 20 นักดาราศาสตร์สองท่าน คือ เอจนา เอิร์ทซ์ปรุง(Ejnar Hertzsprung) ชาวเดนมาร์ก และ เฮนรี รัสเซลล์ (Henry Russell) แห่งสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง

อุณหภูมิผิวและกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ และเขียนความสัมพันธ์ดังกล่าวได้เป็นแผนภาพที่มีชื่อเรียกว่า “แผนภาพ H-R (H-R Diagram)” เพื่อเป็นเกียรติแก่นักดาราศาสตร์ทั้งสอง จากรูปที่ 2.11 แขนงบนแสดงด้วยชนิดสเปกตรัมของดาว โดยเรียงลำดับจากดาวที่มีอุณหภูมิสูง(ชนิดสเปกตรัม B) ไปสู่ดาวที่มีอุณหภูมิต่ำ(ชนิดสเปกตรัม M) และค่าดัชนีสี (B-V) ส่วนแกนตั้งแสดงค่าโชติมาตร สมบูรณ์โดยเรียงลำดับจากดาวหรี(โชติมาตร +15) ไปสู่ดาวที่สว่าง(โชติมาตร -5) และขนาดของดาว

จากการสังเกตการณ์ดาวฤกษ์ต่างๆ เพื่อหาค่าอุณหภูมิผิวและกำลังส่องสว่างแล้วนำมาเขียนบนแผนภาพดังกล่าวนี้ ทำให้สามารถจำแนกดาวออกเป็นประเภทต่างๆ ได้หลายประเภท พบว่าดาวส่วนมากรวมกันเป็นแถบใหญ่ เรียกว่า “แถบขบวนหลัก (Main Sequence) ดวงอาทิตย์ก็เป็นดาวฤกษ์ดวงหนึ่งที่อยู่ในแถบขบวนหลัก นอกจากนี้ยังมีแถบของดาวยักษ์ (Giants) และความหายักษ์ (Super Giants) ซึ่งเป็นดาวที่มีอุณหภูมิผิวต่ำแต่สว่างมาก สำหรับดาวอีกประเภทหนึ่งเป็นดาวจำพวกที่มีอุณหภูมิก่อนข้างสูง แต่สว่างน้อย มีชื่อเรียกว่า ดาวแคระขาว (White Dwarfs)



รูปที่ 2.12 แผนภาพเอิร์ทซ์-รัสเซลล์