บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดต่อไปนี้จะกล่าวถึงดาราศาสตร์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง มวล - กำลังส่องสว่าง และมวล - อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก และการทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

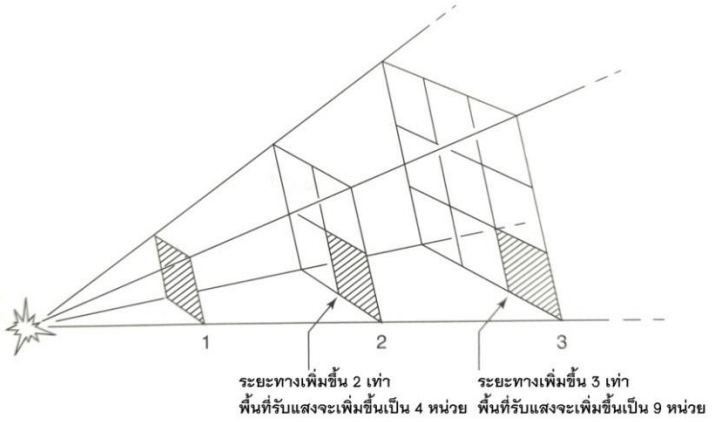
ความสว่างของดาวฤกษ์

นักดาราศาสตร์ได้แยกระหว่าง ความสว่างปรากฏ (Apparent brightness) คือ ความสว่างของดาวที่ปรากฏบนท้องฟ้าและความสว่างสัมบูรณ์ (Absolute brightness) คือ ความสว่างเฉลี่ยที่แสงของดาวส่องออกมาต่อวินาที ดาวฤกษ์ที่รู้จักดีที่สุดคือดวงอาทิตย์ ซึ่งความสว่างสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์ต่าง ๆ บ่อยครั้งที่บอกได้ในเทอมของความสว่างของดวงอาทิตย์ โดยค่าความสว่างของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 3.83×10^{33} เอิร์กต่อวินาที และความสว่างของดวงอาทิตย์เทียบได้กับความสว่างของหลอดไฟขนาด 100 วัตต์ที่เปิดพร้อมกันจำนวน 3,850 พันล้านล้านหลอดพร้อม ๆ กัน ดาวฤกษ์ดวงที่สว่างที่สุดจะสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์ถึง 100,000 เท่า ดาวฤกษ์ที่หรี่ที่สุดจะสว่างประมาณหนึ่งในพันเท่าความสว่างของดวงอาทิตย์

สามารถอธิบายได้หรือไม่ว่า ทำไมเมื่อมองดูแล้วดวงอาทิตย์ จึงมีความสว่างมากกว่าดาวไรเจล (Rigel) ในกลุ่มดาวนายพราน (Orion) ถึงตอนนี้แล้วคงตอบได้แล้วว่าเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะดาวไรเจลอยู่ไกลจากโลกมากกว่าดวงอาทิตย์ จากข้อมูลคือดาวไรเจลอยู่ห่างจากโลกประมาณ 815 ปีแสง ขณะที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลก 93 ล้านไมล์ ดังนั้น ความสว่างปรากฏของดาวจึงขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ กำลังส่องสว่างของดาวเอง (Luminosity) และระยะทางของดาวที่อยู่ห่างจากโลก (Distance of star)

กฎกำลังสองผกผัน

เมื่อผู้สังเกตมองดูดาวบนท้องฟ้า ผู้สังเกตจะไม่สามารถบอกได้ว่าดาวฤกษ์ดวงไหนมีกำลังส่องสว่างมากกว่ากัน แสงสว่างจากดาวฤกษ์จะแผ่ออกจากดาวในทุกทิศทุกทาง ตามความสัมพันธ์ดังนี้คือ “แสงที่ส่องออกมาจากดาวต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมซึ่งจะแปรตามระยะห่างจากดาวเอง” ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กฎกำลังสองผกผันแสดงการลดลงของความสว่างปรากฏเมื่อระยะทางเปลี่ยนไปโดยระยะทางยิ่งมากความเข้มของแสงยิ่งลดลงตามกำลังสองของระยะทางที่เพิ่มขึ้น

ที่มา : (Moche, 2009: 79)

ปริมาณของแสงหรือความเข้มของแสงจะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากแหล่งกำเนิดดูภาพที่ 2.1 ประกอบโดยสมมติที่ระยะห่างจากจุดกำเนิดแสงในระยะ 1 เมตรพื้นที่รับแสงมีขนาดเป็น 1 หน่วย

ถ้าระยะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เมตรหรือระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า พื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นเป็น 4 หน่วยนั่นหมายความว่าความเข้มของแสงจะลดลงเป็น $\frac{1}{4}$ เท่าของความเข้มแสงที่ระยะทาง 1 เมตร

และถ้าระยะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เมตรหรือระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า พื้นที่รับแสงจะเพิ่มขึ้นเป็น 9 หน่วย นั่นหมายความว่าความเข้มของแสงจะลดลงเป็น $\frac{1}{9}$ เท่าของความเข้มแสงที่เริ่มต้น

ดังนั้นจึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ง่าย ๆ ดังนี้

$$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2 \qquad (2.1)$$

เมื่อ $I_1 =$ ความเข้มที่ระยะทาง d_1 หน่วยระยะทาง

$I_2 =$ ความเข้มที่ระยะทาง d_2 หน่วยระยะทาง

กฎกำลังสองผกผันนี้มีประโยชน์มากในการหาระยะทางของดาวฤกษ์ต่าง ๆ เช่น รู้ว่าดาวฤกษ์ดวงหนึ่งมีระยะทางห่างจากโลก 1 หน่วยระยะทาง หากได้รับแสงจากดาวฤกษ์ดวงนี้ลดลงเป็น $\frac{1}{4}$ เท่า ระยะทางของดาวฤกษ์ดวงนี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า เป็นต้น

โชติมาตรปรากฏ

หากว่ามองดูดาวฤกษ์บนท้องฟ้าในเวลากลางคืน จะเห็นความสว่างของดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่ไม่เท่ากันความสว่างที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าเรียกว่า ความสว่างปรากฏ ในศตวรรษที่ 2 ก่อนคริสต์ศักราช ฮิปปาคัส (Hipparcus) เป็นนักดาราศาสตร์คนแรกที่ได้เสนอแคตตาล็อกของดาวฤกษ์ประมาณ

หนึ่งพันดวงโดยจำแนกความสว่างปรากฏดาวฤกษ์ออกเป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ระดับ 1 ถึง ระดับ 6 ตามรายละเอียดดังนี้

ระดับที่ 1 หมายถึง กลุ่มดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุดบนท้องฟ้า

ระดับที่ 2-5 หมายถึง เป็นกลุ่มดาวฤกษ์ที่สว่างรองลงไปตามลำดับ

ระดับที่ 6 หมายถึง เป็นกลุ่มดาวฤกษ์ที่มีความสว่างน้อยที่สุดซึ่งมองเห็นด้วยตาเปล่าเกือบไม่เห็น

ในปี ค.ศ.1856 นอร์แมน พอกสัน (Norman Pogson) ได้เสนอระบบการจำแนกโชติมาตรว่า “อัตราส่วนของความสว่างระหว่างโชติมาตรที่เรียงกันจะมีค่าเท่ากับ รากที่ 5 ของ 100 ($\sqrt[5]{100}$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.512” ในปัจจุบันความสว่างปรากฏเรียกว่า โชติมาตรปรากฏ (Apparent magnitude) ในรายละเอียดความแตกต่างของโชติมาตร (Different of magnitude) และอัตราส่วนความสว่าง (Brightness ratio) แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของโชติมาตรและอัตราส่วนความสว่าง

ความแตกต่างของโชติมาตร	อัตราส่วนความสว่าง
0.0	1:1
1.0	2.5:1
2.0	6.3:1
3.0	16:1
4.0	40:1
5.0	100:1
6.0	251:1
10.0	10,000:1
15.0	1,000,000:1
20.0	100,000,000:1
25.0	10,000,000,000:1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ที่มา : (Moche, 2009 : 80)

จากรายละเอียดตารางที่ 2.1 นั่นหมายความว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่หนึ่งจะมีความสว่างมากกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่สองเท่ากับ 2.512 เท่า จะสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่สามเท่ากับ $(2.512)^2$ เท่า หรือ 6.3 เท่า สว่างกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่ห้าเท่ากับ $(2.512)^4$ เท่า หรือ 39.8 เท่า และสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่หกเท่ากับ $(2.512)^5$ เท่าหรือ 100 เท่า และให้ดาวที่เป็นมาตรฐาน คือ ดาวตานกอินทรี (Altair) ดาวอัลดีบาแรน (Aldebaran) มีค่าโชติมาตรเท่ากับ 1.0 และมาตรที่ใช้จำแนกโชติมาตรของพอกสัน ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรน้อยจะเป็นดาวฤกษ์ที่สว่างกว่าดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรมาก ค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ เป็นตัววัดความสว่างปรากฏของดาวฤกษ์เท่านั้นโดยไม่สามารถบอกถึง ขนาด อุณหภูมิ และระยะทางของดาวฤกษ์ได้ ปัจจุบันนี้มาตรวัดโชติมาตรได้ขยายมากขึ้นทั้งทางบวกและทางลบ ดังนั้นนักดาราศาสตร์จึงใช้ดาวฤกษ์ที่มีความสว่างอยู่ที่โชติมาตรที่ศูนย์เป็นจุดอ้างอิงโดยพิจารณาดาวฤกษ์บางดวงที่มีความสว่างอย่างแน่นอน เช่น ดาววีกา (Vega) ดาวคาเพลลา (Capella) เป็นต้น ดาวฤกษ์ที่มีโชติมาตรที่ศูนย์ (0) ซึ่งจะมีความสว่างเป็น 2.512 เท่าของดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่หนึ่ง (1) หรือดาวฤกษ์ที่มีโชติมาตรที่ลบหนึ่ง (-1) ซึ่งจะมีความสว่างเป็น $(2.512)^2$ หรือ 6.3 เท่าของดาวฤกษ์ที่อยู่ในโชติมาตรที่หนึ่ง (1) ตารางที่ 2.2 แสดงถึงค่าโชติมาตรของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ บนท้องฟ้าที่น่าสนใจ เช่น โชติมาตรของดวงอาทิตย์ = -26.7 และค่าโชติมาตรของดาวศุกร์เมื่อเห็นเต็มดวง = -4.7 เป็นต้น ปกติแล้วตาเปล่าจะเห็นดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรอยู่ในช่วงไม่เกิน +6 หากใช้กล้องสองตาช่วยในการมองดูดาวฤกษ์จะเห็นดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรไม่เกิน +10 กล้องโทรทรรศน์ดูดาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สามารถดูดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรไม่เกิน +13 กล้องโทรทรรศน์ดูดาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 นิ้ว สามารถดูดาวฤกษ์ที่มีค่าโชติมาตรไม่เกิน +20 และเมื่อใช้ฟิล์มถ่ายรูปที่มีความไวสูงจะสามารถวัดดาวฤกษ์ที่มีโชติมาตรประมาณ +25 ได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 2.2 แสดงถึงค่าโชติมาตรปรากฏของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ บนท้องฟ้าที่น่าสนใจ

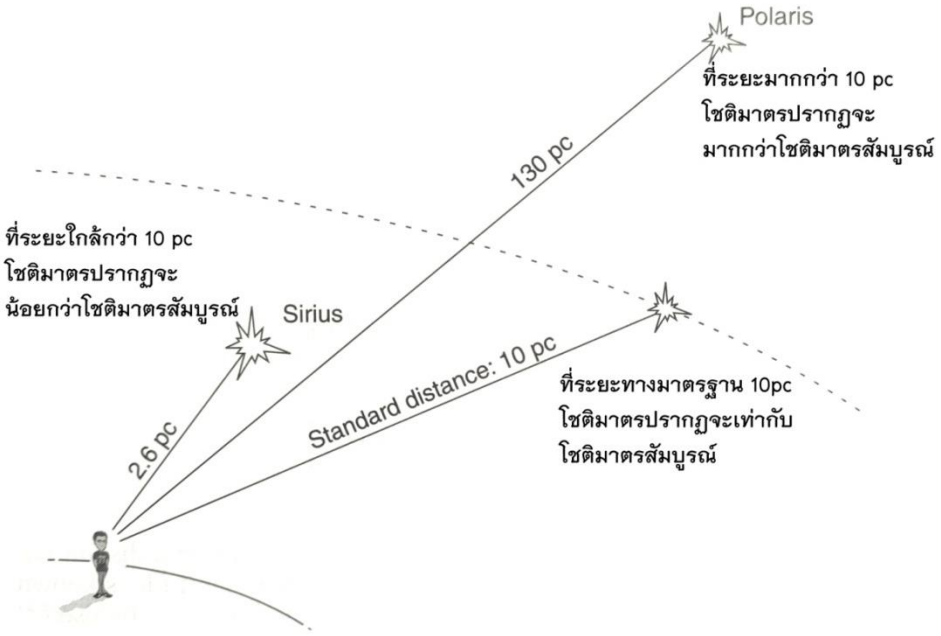
วัตถุท้องฟ้า	โชติมาตรปรากฏ
ดวงอาทิตย์	-26.7
ดาวศุกร์ขณะที่สว่างที่สุด	-4.7
ซิริอุส (Sirius)	-1.4
แอนทาเรส (Antares)	1
ตาเปล่า (Naked-eye limit)	6.5
กล้องสองตา (Binocular limit)	10
กล้องโทรทรรศน์ขนาด 6 นิ้ว	13
กล้องโทรทรรศน์ขนาด 200 นิ้ว	20
กล้องโทรทรรศน์ขนาด 200 นิ้ว พร้อมกล้องถ่ายภาพ	23.5

ที่มา : (Moche, 2009 : 81)

โชติมาตรสัมบูรณ์

ความสว่างของดาวฤกษ์ ขึ้นอยู่กับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ และระยะทางของดาวฤกษ์ที่ห่างจากโลก ถ้าดาวฤกษ์สองดวงที่มีกำลังส่องสว่างเท่ากันดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลก จะเห็นสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ไกลจากโลกออกไป และหากดาวฤกษ์สองดวงที่มีกำลังส่องสว่างไม่เท่ากันแต่อยู่ห่างจากโลกด้วยระยะทางที่เท่ากันแล้ว ผู้สังเกตจะเห็นดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างมากมีความสว่างกว่าดาวฤกษ์ที่มีกำลังส่องสว่างน้อยกว่า ดังนั้นด้วยเหตุนี้แล้วจะเห็นว่าค่าโชติมาตรปรากฏของดาวฤกษ์จึงไม่สามารถบอกถึงจำนวนแสงสว่างที่ดาวฤกษ์ปล่อยออกมาที่แท้จริงได้ เพื่อความสะดวกนักดาราศาสตร์ จึงได้กำหนดให้มีระยะทางมาตรฐานค่าหนึ่งเพื่อจะได้เปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ต่าง ๆ ว่า ดาวฤกษ์ดวงใดมีกำลังส่องสว่างมาก ดาวฤกษ์ดวงใดมีกำลังส่องสว่างน้อยขึ้นมา

ระยะทางมาตรฐานที่นักดาราศาสตร์กำหนดให้ห่างจากโลกเท่ากับ 10 พาร์เสก หรือ 32.6 ปีแสง หรือประมาณ 2,000,000 AU ค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ที่ระยะทางมาตรฐานนี้มีชื่อเรียกว่า โชติมาตรสัมบูรณ์ (Absolute magnitude) ของดาวฤกษ์ ภาพที่ 2.2 แสดงนิยามของโชติมาตรสัมบูรณ์ ดังนั้น ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์ จะมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า ค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ก็ได้



ภาพที่ 2.2 แสดงนิยามของโชติมาตรสัมบูรณ์
ที่มา : (Moche, 1978 : 62)

จากภาพที่ 2.2 ถ้าดาวฤกษ์อยู่ไกลกว่าระยะ 10 พาร์เสกจากโลก โชติมาตรของดาวดวงนี้ จะมีค่ามากกว่าโชติมาตรสัมบูรณ์ ค่าโชติมาตรมาก ๆ ดาวจะหรี่มาก ยกตัวอย่างเช่น ดาวเหนืออยู่ห่างจากโลก 130 พาร์เสก ค่าโชติมาตรปรากฏ +2.3 และค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ -4.6 เช่นเดียวกันดาวฤกษ์อยู่ใกล้กว่าระยะ 10 พาร์เสกจากโลก โชติมาตรปรากฏของดาวดวงนี้จะมีค่าน้อยกว่าโชติมาตรสัมบูรณ์ เช่น ดาวซิริอุสอยู่ห่างจากโลก 2.6 พาร์เสก มีค่าโชติมาตรปรากฏ -1.5 และมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ +1.4

ความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรปรากฏกับโชติมาตรสัมบูรณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรปรากฏกับโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2532: 236)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$m - M = 5 \log \left(\frac{d}{10} \right) \qquad (2.2)$$

เมื่อ m คือ ค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์
M คือ ค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์
d คือ ระยะทางของดาวฤกษ์ หน่วยพาร์เสก (Parsec)

ปริมาณ $5\log\left(\frac{d}{10}\right)$ เรียกว่ามอดูลัสระยะทาง (Distance modulus) ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางของดาวฤกษ์ดวงนั้น สำหรับดาวฤกษ์ดวงที่อยู่ไกลมาก ๆ ซึ่งไม่สามารถวัดระยะทางของดาวฤกษ์โดยวิธีแพรัลแลกซ์ได้ จะสามารถทราบค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวเหล่านี้ได้จากการพิจารณาสเปกตรัมของดาวฤกษ์เอง ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาคำนวณหาระยะทางได้เช่นกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์

ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของดาวฤกษ์ในหน่วยของมวลของดวงอาทิตย์ (Solar mass) และกำลังส่องสว่างในหน่วยของกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ (Solar luminosity) สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังนี้ (Fleisch & Kergenow, 2013 : 147)

$$L = M^{\alpha} \tag{2.3}$$

โดยค่าของ α มีค่าความแตกต่างกันสำหรับช่วงต่าง ๆ ของมวลของดาวฤกษ์ (Stellar masses) ในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮิร์ทสปรุง-รัสเซลล์ (Hertzprung-Russell diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ซึ่งต่อไปจะเรียกแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดังกล่าวนั้นที่รายงานออกมาตามแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ก็ยังมีความแตกต่างกันตามแหล่งที่มานั้น ๆ อีกด้วย (Zelik & Gregory, 1998 : 238-239) (Kutner, 2003 : 94-65) (Fleisch & Kergenow, 2013 : 147)

สำหรับมวลของดาวฤกษ์จะใช้การประมาณการในช่วงระหว่าง $1M_{\odot}$-$20M_{\odot}$ โดยที่ $M_{\odot}$ คือมวลของดวงอาทิตย์งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ค่า α =3.5 ที่เป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิจัยที่เป็นที่ยอมรับในการวิจัยดาราศาสตร์ดาวฤกษ์ (Fleisch & Kergenow, 2013 : 147)

อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของไฮโดรเจนที่มีอยู่ในแกนของดาว ที่เป็นเชื้อเพลิงในปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (โชติ เนืองนันท์, 2564 : 187) ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ แต่จะแปรผกผันกับความร้อน (Hot) และความสว่าง (Bright) ของดาว ขณะที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งปริมาณนี้คือกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ ดังนั้นอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก (t) สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ ได้ $t \propto M/L$ และแทนปริมาณนี้ลงในสมการ (1) จะทำให้ได้ (Zelik & Gregory, 1998 : 238-239)

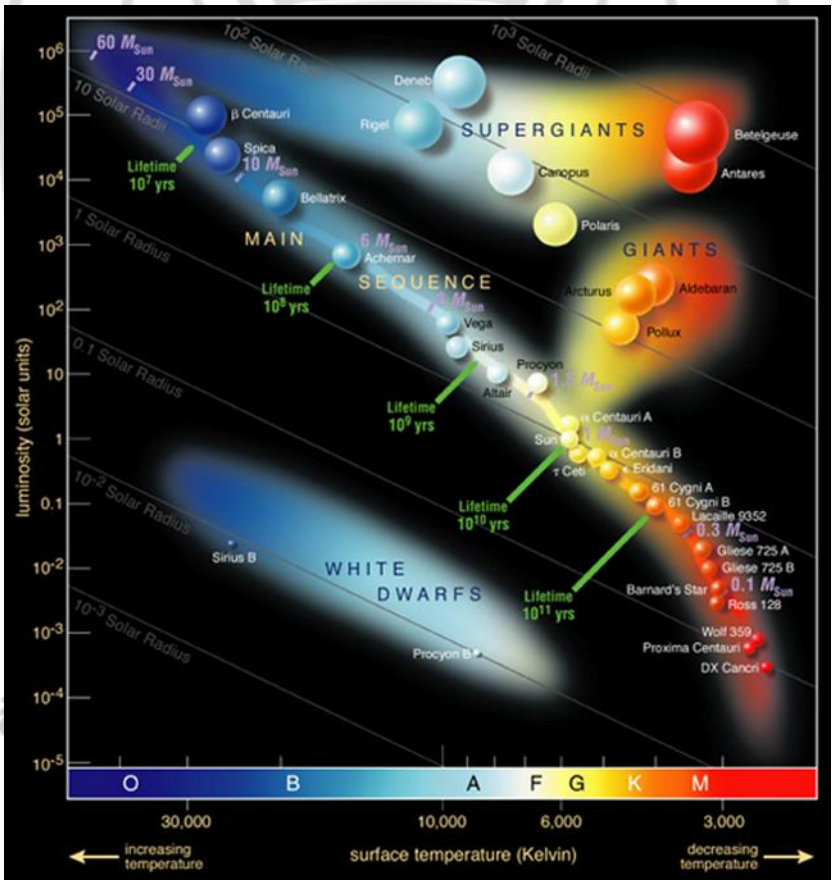
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$t \propto \frac{M}{M^{\alpha}} = M^{1-\alpha} \tag{2.4}$$

ที่ $\alpha = 3.5,\ 1-\alpha = -2.5$ (Zelik & Gregory, 1998 : 238-239) ในหน่วยสุริยะ (Solar unit) $t = M/L = 1$ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เป็นการหาอายุขัยของดาวฤกษ์

แผนภาพเฮิร์ทสปรุง-รัสเซลล์

ในปีค.ศ. 1911 นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ เอ็จนาร์ เฮิร์ทสปรุง ได้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์ของดาวฤกษ์กับชั้นสเปกตรัมหรือดัชนีสีของดาว อีก 2 ปี ต่อมางานชิ้นนี้ได้กระทำอย่างอิสระโดยนักดาราศาสตร์ชาวอเมริกันชื่อ นอริส รัสเซลล์ ซึ่งผลงานของนักดาราศาสตร์ทั้งสองท่าน ปรากฏผลที่ตรงกัน ผลงานของนักดาราศาสตร์ทั้งสองท่านนี้ได้สร้างความสำคัญทางดาราศาสตร์อย่างมาก (Karttunen et al., 2007 : 215) และเป็นการค้นพบครั้งสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังส่องสว่าง (Luminosity) กับอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ ดังนั้นเพื่อเป็นเกียรติแห่งการค้นพบของนักดาราศาสตร์ทั้งสอง กราฟนี้จึงมีชื่อเรียกว่าแผนภาพเฮิร์ทสปรุง-รัสเซลล์ (Hertzprung-Russell diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) โดยภาพที่ 2.3 แสดงแผนภาพเฮช-อาร์ ที่แสดงตำแหน่งของดาวที่เป็นที่รู้จักดีในกาแลกซีทางช้างเผือก



ภาพที่ 2.3 แผนภาพเฮช-อาร์แสดงรายละเอียดของSpectral class/อุณหภูมิผิวและกำลังส่องสว่าง โดยมีรายละเอียดของประชากรดาวฤกษ์ที่รู้จักกันดีในกาแลกซีทางช้างเผือก

ที่มา : (โชติ เนืองนันท์, 2564: 168)

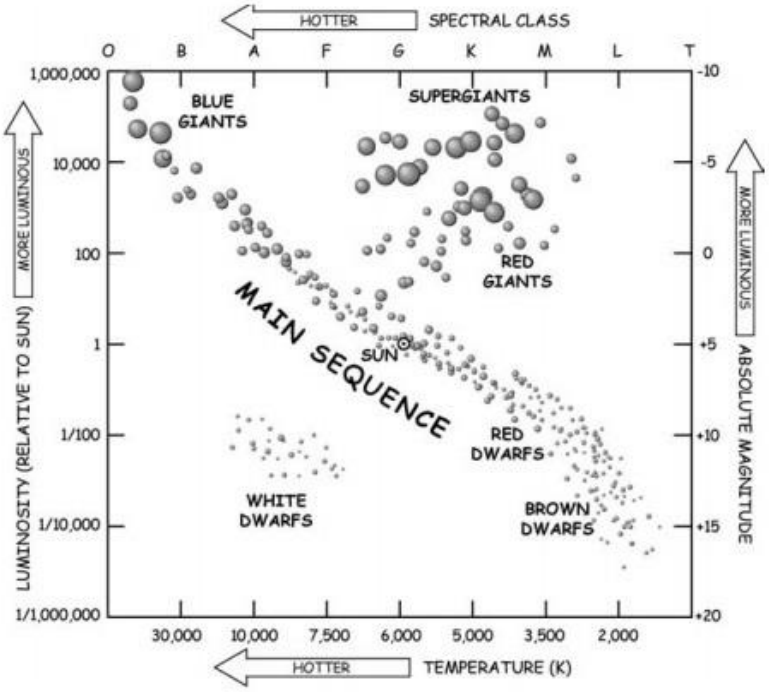
แผนภาพเฮช-อาร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (หรือสภาพส่องสว่าง) ของดาวฤกษ์ที่อยู่ในแนวแกนตั้งกับชั้นสเปกตรัม หรือดัชนีสี (หรืออุณหภูมิ) ของดาวฤกษ์ซึ่งอยู่ในแกนนอน ดังแสดงในภาพที่ 2.3 และภาพที่ 2.4 ซึ่งแต่ละจุดในภาพแทนดาวฤกษ์ที่มีการกระจายอย่างมีระบบ สามารถแบ่งกลุ่มของดาวฤกษ์เป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มของดาวแถบกระบวนหลัก (Main sequence stars)
2. กลุ่มดาวยักษ์ (Giant stars)
3. กลุ่มดาวแคระขาว (White dwarf stars)

ภาพที่ 2.4 แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมของแผนภาพเฮช-อาร์ กลุ่มดาวในแถบขบวนหลักเป็นกลุ่มดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบเส้นทแยงมุมในแผนภาพเฮช-อาร์ ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าบนท้องฟ้าจะอยู่ในกลุ่มนี้รวมทั้งดวงอาทิตย์ด้วย ซึ่งมีเส้นสเปกตรัม G2 เป็นดาวฤกษ์สีเหลือง มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ +5 และปรากฏบริเวณตรงกึ่งกลางของแผนภาพ

ดาวที่อยู่มุมบนซ้ายมือของแผนภาพเฮช-อาร์ จะเป็นดาวฤกษ์ที่มีสภาพส่องสว่างมากที่สุด มีอุณหภูมิพื้นผิวมากกว่า 30,000 เคลวิน เป็นดาวสีน้ำเงินซึ่งอยู่ในชั้นสเปกตรัม O

ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่มุมล่างขวามือของแผนภาพเฮช-อาร์ จะเป็นดาวฤกษ์ที่เย็นมีอุณหภูมิที่พื้นผิวต่ำกว่า 3,000 เคลวิน มีสีแดงมัวโดยมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ประมาณ +15



ภาพที่ 2.4 แผนภาพเฮิร์ทสปรุง-รัสเซลล์

ที่มา : (Moche, 2009 : 84)

จากความรู้ทางดาราศาสตร์ในปัจจุบันพบว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในระยะ 2-3 พาร์เสกจากดวงอาทิตย์ไม่พบดาวฤกษ์ประเภทดาวยักษ์หรือดาวยักษ์ใหญ่ (Super giant star)

ประมาณการได้ว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของดาวฤกษ์ที่อยู่ในอวกาศจะเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักเป็นส่วนใหญ่ มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นดาวแคระสีขาว และน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์เป็นดาวยักษ์หรือดาวยักษ์ใหญ่

ดาวยักษ์เป็นกลุ่มดาวฤกษ์ที่อยู่ทางมุมบนขวามือของแผนภาพเฮช-อาร์ที่มุมบนสุดทางขวามือของแผนภาพเฮช-อาร์เป็นดาวฤกษ์ที่มีสภาพส่องสว่างสูงกว่ามีชื่อเรียกว่า ดาวยักษ์ใหญ่ ดาวฤกษ์กลุ่มนี้มีอุณหภูมิที่พื้นผิวประมาณ 3,000 เคลวิน แต่มีสภาพส่องสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์ 10,000 เท่า ดาวฤกษ์เหล่านี้มีขนาดใหญ่มากตัวอย่างเช่น ดาวดวงแก้ว (Arcturus) ดาวเบเทลจุส (Betelgeuse) ดาวอัลดีบาแรน (Aldebaran) และดาวปาริชาติ (Antares) เป็นต้น ขนาดของดาวฤกษ์กลุ่มนี้สามารถเทียบได้ง่าย ๆ โดยการนำดาวดวงใด ดวงหนึ่งในกลุ่มนี้ไปแทนที่ดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะพื้นผิวของดาวฤกษ์ดวงนี้จะครอบคลุมไปจนถึงทางโคจรของดาวอังคารเลยทีเดียวและ ดาวยักษ์พวกนี้มีความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำที่สุด

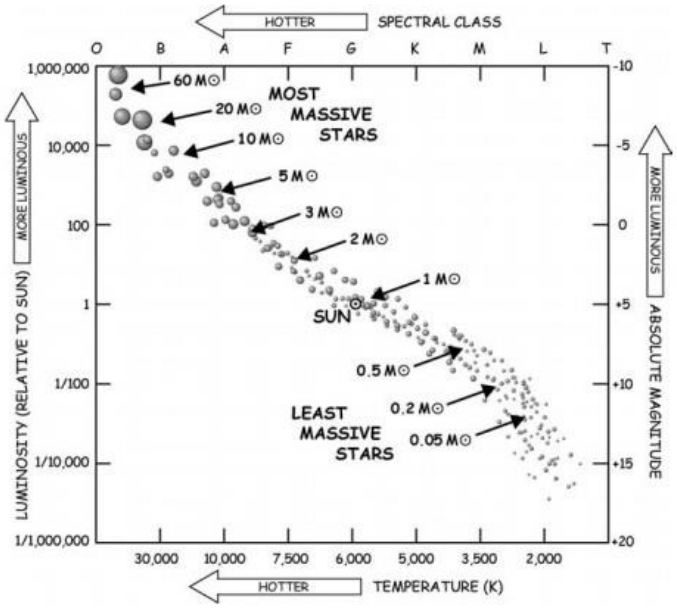
กลุ่มดาวฤกษ์สุดท้ายเป็นกลุ่มดาวแคระขาวซึ่งอยู่ทางมุมล่างซ้ายของแผนภาพเฮช-อาร์ ดาวฤกษ์กลุ่มนี้มีอุณหภูมิที่พื้นผิวประมาณ 10,000 เคลวิน สีค่อนข้างขาว การที่ดาวฤกษ์กลุ่มนี้มีสภาพส่องสว่างต่ำทั้งที่อุณหภูมิที่พื้นผิวสูง แสดงให้เห็นว่าดาวฤกษ์เหล่านี้มีขนาดเล็กมากโดยมีขนาดเกือบเท่าโลกหรือดาวฤกษ์ บางดวงอาจมีขนาดเท่ากับดาวพุธ ดาวแคระสีขาวถูกค้นพบครั้งแรก คือเป็นระบบดาวคู่ของซิริอุส (Double star Sirius B) ซึ่งมีมวลประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ของดวงอาทิตย์จากอุณหภูมิและสภาพส่องสว่าง นักดาราศาสตร์สามารถหาเส้นผ่านศูนย์กลางของมันประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์หรือประมาณสองเท่าของโลก ความหนาแน่นของกลุ่มดาวกลุ่มนี้มากกว่า 100,000 เท่าของดวงอาทิตย์และเป็น 6,000,000 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ ดาวแคระขาวบางดวงมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงกว่านี้ หากเปรียบเทียบเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายคือมวลของดาวแคระขาวขนาดหนึ่งช้อนชาจะมีน้ำหนักเกือบเท่า 50 ตันทีเดียว

ดาวในแถบกระบวนหลัก

คุณสมบัติเบื้องต้นของดาวฤกษ์ที่นักดาราศาสตร์ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักในแผนภาพเฮช-อาร์คือมวลของดาวฤกษ์นั่นเอง โดยแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ คือแถบที่มีการลดลงจากดาวฤกษ์ที่มีมวลมาก มีสภาพส่องสว่างที่มาก ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงดาวฤกษ์ที่มีมวลน้อย มีกำลังส่องสว่างน้อย (Shu, 1982: 158) ดังภาพที่ 2.5 นอกจากนี้แล้วความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์พบได้จากกรณีของดาวคู่ กล่าวว่า“ดาวที่มีมวลมากจะมีกำลังส่องสว่างของดาวเป็นสัดส่วน โดยประมาณคือเพิ่มขึ้นจากมวลประมาณ 3.5 เท่าของมวล”

มวลของดวงอาทิตย์ 1.989×10^{30}กิโลกรัม ซึ่งมีขนาดประมาณ 300,000 เท่าของมวลโลก มวลของดาวฤกษ์ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างมากมายตามแถบกระบวนหลักซึ่งต่างจากกำลังส่องสว่างของ

ดาวฤกษ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในแถบกระบวนหลัก ดาวฤกษ์ที่มัวที่สุดในกลุ่มดาวแคระแดงซึ่งมีมวลประมาณ 0.1 เท่าของมวลดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ที่มีมวลมากที่สุดจะมากถึง 60 เท่าของมวลของดวงอาทิตย์



ภาพที่ 2.5 มวลของดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบระบวนหลัก ($M_\odot$ = มวลของดวงอาทิตย์)
ที่มา : (Moche, 2009 : 86)

กฎการแผ่รังสีของสเตฟาน-โบล์ชมานน์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์เพียงดวงเดียวที่อยู่ใกล้โลกพอที่นักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะวัดขนาดของดวงอาทิตย์ได้โดยตรง พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ประมาณ 1.39×10^6 กิโลเมตร ซึ่งหาก เทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกแล้วมีค่ามากกว่าถึง 109 เท่า หากว่าสามารถทราบอุณหภูมิสัมบูรณ์และกำลังส่องสว่างของดาวนักดาราศาสตร์ ก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของดาวฤกษ์ได้ตามกฎการแผ่รังสีของสเตฟาน-โบล์ชมาน (Stefan-Boltzman radiation law) ซึ่งกล่าวว่า “กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับรัศมีของดาวฤกษ์ยกกำลังสองขณะเดียวกันก็เป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์ยกกำลังสี่” (มติพล ตั้งมติธรรม, 2556 : 55) ดังสมการ

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \qquad (2.5)$$

เมื่อ L คือ กำลังส่องสว่างมีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
R คือ รัศมีของดาวฤกษ์มีหน่วยเป็น เมตร (m)
T คือ อุณหภูมิผิวของดาวฤกษ์มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

σ คือ ค่าคงที่ของสเตฟาน-โบล์ซมานน์ = $5.670373\times10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$

ดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักจะเปลี่ยนแปลงขนาดอย่างต่อเนื่องจากมากที่สุดจากนั้นลดลงเรื่อย ๆ จากดาวยักษ์สีน้ำเงิน (Blue-white giants) มีขนาดประมาณ 25 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ลดลงเรื่อย ๆ จนถึง ดาวแคระแดง (Red dwarft) ซึ่งจะมีรัศมีประมาณ 10 เท่าของรัศมีของดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือดาวฤกษ์ประเภทดาวยักษ์ใหญ่ (Supergiants) เช่น ดาวเบเทลจูสในกลุ่มดาวนายพรานมีรัศมีประมาณ 400 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถนำดาวฤกษ์ที่มีลักษณะและขนาดเท่ากับดวงอาทิตย์ใส่เข้าไปในดาวเบเทลจูสได้มากกว่าถึง 1 ล้านดวงจึงจะพอดีกับขนาดของดาวเบเทลจูส 1 ดวง สำหรับดาวฤกษ์ที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เช่น ดาวแคระขาวจะมีขนาดพอ ๆ กับโลก

ความหนาแน่นของดาวฤกษ์สามารถหาได้จากมวลต่อปริมาตร มวลคือจำนวนสสารที่บางสิ่งมีอยู่กล่าวคือวัตถุทุกชนิดย่อมมีมวลแม้กระทั่งตัวของมนุษย์เอง มวลที่ลอยอยู่ในอวกาศนั้นไม่มีน้ำหนักยกเว้นอยู่ในสนามโน้มถ่วงที่เกิดจากมวลอีกอัน ดาวพฤหัสมีมวลประมาณ 318 เท่าของโลก ส่วนมวลของโลกมีค่าเท่ากับผลรวมของมวลดวงจันทร์ ดาวพุธ ดาวศุกร์ และดาวอังคาร

ความหนาแน่นบอกให้ทราบว่ามวลนั้นอยู่กันหนาแน่นแค่ไหน เช่น หิน 1 กิโลกรัม กับนุ่น 1 กิโลกรัมต่างมีมวลเท่ากันแต่หินหนาแน่นกว่าเพราะครอบครองที่ว่างน้อยกว่ากลุ่มดาวเคราะห์วงในคือ ดาวพุธ ดาวศุกร์ โลก ดาวอังคาร มีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ระหว่างหินกับเหล็กซึ่งหากตกลงไปในน้ำจะจม แต่ส่วนดาวเสาร์ซึ่งประกอบด้วยก๊าซกับน้ำแข็งเป็นส่วนมากมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงไม่แปลกที่ดาวเสาร์ลอยน้ำได้ สามารถอธิบายความหนาแน่นของดาวยักษ์ใหญ่และดาวแคระขาวเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ได้ว่า ดาวยักษ์ใหญ่หรือดาวยักษ์แดงมีความหนาแน่นต่ำมากเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์เพราะดาวจำพวกนี้มีปริมาตรขนาดใหญ่ความหนาแน่นของดาวจำพวกนี้ประมาณสภาพสุญญากาศของโลก ส่วนดาวแคระขาวจะเป็นดาวที่มีความหนาแน่นมากที่สุดดาวแคระขาวมีมวลเท่า ๆ กับดวงอาทิตย์แต่ปริมาตรน้อย หากนำมวลของดาวแคระขาวมา 1 ช้อนชาแล้วอาจจะมีน้ำหนักถึงหลาย ๆ ตันบนโลกดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง

ความสว่างที่สุดหรือโชติมาตรปรากฏ (Brightest or Apparent magnitude) ของดาวฤกษ์แต่ละดวง ที่ปรากฏให้เห็นในยามค่ำคืนนั้น จะถูกกำหนดโดยกำลังส่องสว่างภายใน (The Intrinsic luminosity) ของดาวฤกษ์และระยะห่างจากผู้สังเกต โดยกำลังส่องสว่างจะมีค่าตั้งแต่ 1/100 ของกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ จนถึงส่องสว่างมากกว่า 1,000,000 เท่าของกำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วดาวที่สว่างมาก ๆ เมื่อมองเห็นด้วยตาเปล่านั้น จะพบว่ามีระยะห่างจากผู้สังเกตเพียงระยะ 10 ปีแลง ถึง 100 ปีแสงจากโลก โดยแท้จริงแล้วดาวฤกษ์หลาย ๆ ดวง อยู่เป็นระบบ พบว่าแต่ละระบบมีองค์ประกอบของดาวฤกษ์ตั้งแต่ 2 ดวงขึ้นไป ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องโทรทรรศน์ แต่เมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นเพียงดวงเดียว โดยความสว่างปรากฏที่รายงานในที่นี้ จะรวมถึงความสว่างระบบ

ดาวที่เป็นส่วนประกอบของระบบด้วย กำลังส่องสว่าง มวล และรัศมี คือ องค์ประกอบขึ้นต้นของดาวฤกษ์ที่สำคัญ ดาวฤกษ์บางดวงต้องใช้กล้องโทรทัศน์ในการศึกษาสังเกต อาทิ Alpha Centaurri (mag = 0.01+1.33), Capella (mag= 0.71+0.96), Acrux (mag = 1.40+2.09) และ Castor (mag = 1.98+2.88) ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลของดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง ตามพันธกิจการสำรวจของ Hipparcos Space Astronomy

ตารางที่ 2.3 ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง

Rank	Star Name	Bayer Name	Visual Mag.	Abs. Mag.	Dist. (ly)	Spectral Type	Lum. (Sol)	Mass (Sol)	Diam. (Sol)	RA (hr_min)	Dec (deg)
1	Sirius	Alp CMa	-1.44	1.45	8.6	A1V	25	2.0	1.7	06h 45m	-16.7°
2	Canopus	Alp Car	-0.62	-5.53	310	F0Ib	13600	8.5	65	06h 24m	-52.7°
3	Rigil Kent.	Alp Cen	-0.28c	4.34	4.4	G2V+K1V	1.5	1.1	1.2	14h 40m	-60.8°
4	Arcturus	Alp Boo	-0.05v	-0.31	36.7	K2III	170	1.1	26	14h 16m	+19.2°
5	Vega	Alp Lyr	0.03v	0.58	25.3	A0V	37	2.1	2.3	18h 37m	+38.8°
6	Capella	Alp Aur	0.08v	-0.48	42.2	G5III+G0II	79	2.7	12	05h 17m	+46.0°
7	Rigel	Bet Ori	0.18v	-6.69	770	B8Ia	66000	17	78	05h 15m	-8.2°
8	Procyon	Alp CMi	0.40	2.68	11.4	F5IV-V	7.7	1.5	2.0	07h 39m	+5.2°
9	Betelgeuse	Alp Ori	0.45v	-5.14	430	M2Ib	105000	18	936	05h 55m	+7.4°
10	Achernar	Alp Eri	0.45v	-2.77	144	B3V	3300	6-8	10	01h 38m	-57.2°
11	Hadar	Bet Cen	0.61v	-5.42	525	B1III	16000	10.7	8	14h 04m	-60.4°
12	Altair	Alp Aql	0.76v	2.20	16.8	A7V	10.6	1.8	1.8	19h 51m	+8.9°
13	Acrux	Alp Cru	0.77c	-4.19	320	B0.5IV+B1V	25000	14	?	12h 27m	-63.1°
14	Aldebaran	Alp Tau	0.87	-0.63	65.1	K5III	425	1.7	44.2	04h 36m	+16.5°
15	Spica	Alp Vir	0.98v	-3.55	260	B1V+B2V	13400	11	7.8	13h 25m	-11.2°
16	Antares	Alp Sco	1.06v	-5.28	605	M1Ib+B4V	65000	15.5	800	16h 29m	-26.4°
17	Pollux	Bet Gem	1.16	1.09	33.7	K0III	32	1.9	8	07h 45m	+28.0°

ที่มา : (Astropixels.com, 2024)

ตารางที่ 2.3 ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง (ต่อ)

Rank	Star Name	Bayer Name	Visual Mag.	Abs. Mag.	Dist. (ly)	Spectral Type	Lum. (Sol)	Mass (Sol)	Diam. (Sol)	RA (hr_min)	Dec (deg)
18	Fomalhaut	Alp PsA	1.17	1.74	25.1	A3V	17.7	2.1	1.8	22h 58m	-29.6°
19	Deneb	Alp Cyg	1.25v	-8.73	3200	A2Ia	54000	20	110	20h 41m	+45.3°
20	Mimosa	Bet Cru	1.25v	-3.92	350	B0.5III	34000	14	8	12h 48m	-59.7°
21	Regulus	Alp Leo	1.36	-0.52	77.5	B7V	150	3.5	3.2	10h 08m	+12.0°
22	Adhara	Eps CMa	1.50	-4.10	430	B2II	20000	10	?	06h 59m	-29.0°
23	Castor	Alp Gem	1.58c	0.59	51.5	A1V+A2V	30/14	2.2/1.7	2.3/1.6	07h 35m	+31.9°
24	Gacrux	Gam Cru	1.59v	-0.56	87.9	M3.5III	1500	3	113	12h 31m	-57.1°
25	Shaula	Lam Sco	1.62v	-5.05	700	B2IV	?	10.4	6.2	17h 34m	-37.1°
26	Bellatrix	Gam Ori	1.64	-2.72	240	B2III	21500	8	5.7	05h 25m	+6.3°
27	Elnath	Bet Tau	1.65	-1.37	131	B7III	70	4.5	5.5	05h 26m	+28.6°
28	Miaplacidus	Bet Car	1.67	-0.99	111	A2III	210	3	5.7	09h 13m	-69.7°
29	Alnilam	Eps Ori	1.69v	-6.38	1300	B0Ia	375000	40	26	05h 36m	-1.2°
30	Alnair	Alp Gru	1.73	-0.73	101	B7IV	380	4	3.6	22h 08m	-47.0°
31	Alnitak	Zet Ori	1.74c	-5.26	820	O9.5Ib+B0I	100000	28	20	05h 41m	-1.9°
32	Regor	Gam Vel	1.75v	-5.31	840	WC8+O9Ib	100000	30	13	08h 10m	-47.3°
33	Alioth	Eps UMa	1.76v	-0.21	80.9	A0IV	108	3	3.7	12h 54m	+56.0°
34	Kaus Aust.	Eps Sgr	1.79	-1.44	145	B9.5III	375	5	7	18h 24m	-34.4°
35	Mirfak	Alp Per	1.79	-4.50	590	F5Ib	5400	11	56	03h 24m	+49.9°
36	Dubhe	Alp UMa	1.81	-1.08	124	K0III+F0V	300	4	30	11h 04m	+61.8°
37	Wezen	Del CMa	1.83	-6.87	1800	F8Ia	50000	17	200	07h 08m	-26.4°
38	Alkaid	Eta UMa	1.85	-0.60	101	B3V	700	6	1.8	13h 48m	+49.3°
39	Sargas	The Sco	1.86c	-2.75	270	F1II	960	3.7	20	17h 37m	-43.0°
40	Avior	Eps Car	1.86v	-4.58	630	K3II+B2V	6/11 K	4.6/16	153/6	08h 23m	-59.5°

ที่มา : (Astropixels.com, 2024)

ตารางที่ 2.3 ดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง (ต่อ)

Rank	Star Name	Bayer Name	Visual Mag.	Abs. Mag.	Dist. (ly)	Spectral Type	Lum. (Sol)	Mass (Sol)	Diam. (Sol)	RA (hr_min)	Dec (deg)
41	Menkalinan	Bet Aur	1.90v	-0.10	82.1	A2IV	48	2.4	2.8	06h 00m	+44.9°
42	Atria	Alp TrA	1.91	-3.62	415	K2Ib-II	5500	7	?	16h 49m	-69.0°
43	Koo She	Del Vel	1.93	-0.01	79.7	A0V	?	?	?	08h 45m	-54.7°
44	Alhena	Gam_Gem	1.93	-0.60	105	A0IV	160	2.8	4.4	06h 38m	+16.4°
45	Peacock	Alp Pav	1.94	-1.81	180	B0.5V+B2V	2100	5	4.4	20h 26m	-56.7°
46	Polaris	Alp UMi	1.97v	-3.64	430	F7Ib-II	2200	7.5	30	02h 32m	+89.3°
47	Mirzam	Bet CMa	1.98v	-3.95	500	B1III	19000	?	?	06h 23m	-18.0°
48	Alphard	Alp Hya	1.99	-1.69	180	K3II	?	3.0	50.5	09h 28m	-8.7°
49	Algieba	Gam Leo	2.01	-0.92	126	K0III+G7II	320/50	1.23	32	10h 20m	+19.8°
50	Hamal	Alp Ari	2.01	0.48	65.9	K2III	90	2	15	02h 07m	+23.5°

ที่มา : (Astropixels.com, 2024)

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนในเนื้อหาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับดาวฤกษ์ค่อนข้างจำกัด (Bailey et al., 2012 : 2257) โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ (Finegold and Pundak, 1990 : 76) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ได้ และนักเรียนมักจะคิดว่า กาแลกซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กัน ในกรณีอื่น ๆ นักเรียนบางคนยังคิดว่า ยิ่งรัศมีของดาวมากขึ้นเท่าไหร่ มวลของดาวก็ยิ่งมากขึ้นด้วย จึงเป็นเหตุให้นักเรียนมักไม่มีความสนใจในกลไกที่อยู่เบื้องหลังวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนยังมีความสับสนในการหาระยะทางระหว่างดาวและโลก และยังมีความเข้าใจว่าดาวฤกษ์ไม่ใช่วัตถุท้องฟ้าที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา

ผลการศึกษาของอแกน (Agan, 2004 : 377) พบว่า ดาวฤกษ์เป็นวัตถุที่เผาไหม้ (Burning object) ที่ซึ่งจะปล่อยปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้ด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพภายในดาวฤกษ์ ขยาย (Expansion) ยุบตัว (Compression) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature variation) นอกจากนี้นักเรียนยังคิดว่าดาวฤกษ์ยังปลดปล่อยแสงสีเดียว

(Monochromatic light) และตีความหมายของแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ว่าเป็นวิถีหรือตำแหน่งที่เทียบกับเวลา โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายรูปแบบของดาวและการทำงานอย่างละเอียดได้

นอกจากนี้งานวิจัยของไบเลย์ (Bailey, 2006 : 3) ยังแสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถอธิบายบทบาทของแรงโน้มถ่วงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก็คือ แรงศูนย์กลาง (Central force) ในกระบวนการก่อตัวของ ดาวฤกษ์ (The star formation process) เช่นเดียวกับ มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่ตระหนักถึงบทบาทของอุณหภูมิสำหรับกระบวนการภายในของดาวฤกษ์ได้

โชติ เนืองนันท์ และสมยศ ศรีคงรักษ์ (2565 : 35-36) ได้ศึกษานวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ จากผลการวิจัยทำให้พบว่า ไม่ใช่เพียงแค่นักเรียนเท่านั้นที่มีความสับสนเกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังพบว่า ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 100 คน ก็ยังมีความสับสนในเนื้อหาดังกล่าวอย่างมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนถึง โมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถพัฒนาองค์ความรู้ที่ทำให้เกิดความรู้ที่ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) ได้ผลอย่างมีนัยสำคัญพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่าง คือ 3.9 ± 0.2 (st.err) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของกลุ่มตัวอย่าง คือ 9.6 ± 0.1 (st.err) โดยกลุ่มเป้าหมายมีผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 100 สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถสร้างองค์ความรู้ที่แท้จริงให้กับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากรายละเอียดที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยพบว่า งานวิจัยโมดูลแบบฝึกการเรียนทางดาราศาสตร์ยังมีอย่างจำกัด และยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-อัตราการส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักอย่างเป็นระบบ และประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในสาระดังกล่าวอย่างเป็นระบบ เนื่องด้วยในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต และครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัยมีระยะเวลาศึกษาและพัฒนาตนเองจำกัดเพียง 4 ปี ที่จะต้องฝึกให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การคิดในการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ และกระบวนการในการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะในหลักสูตรที่จัดให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในรายวิชา ดาราศาสตร์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการทดลองและวิจัยทางดาราศาสตร์ ที่เป็นหมุดหมายที่สำคัญในการศึกษาในรายวิชาและในหลักสูตร

จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล - กำลังส่องสว่าง และ มวล - อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮิร์ทสปรุง-รัสเซลล์ (Hertzprung-Russell diagram) หรือ แผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) แล้วนำโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ทดสอบประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้ และพัฒนานักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ เพื่อเติมเต็มการเข้าสู่เป้าหมายในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาดาราศาสตร์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ เพื่อวัดผลประสิทธิภาพของโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ ขณะเดียวกันจะทำให้นักศึกษาได้เข้าถึง 2 แนวคิดสำคัญของดาราศาสตร์ดาวฤกษ์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล - อัตราการส่องสว่าง และ มวล - อายุขัย ของดาวฤกษ์อย่างแท้จริง

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาออกแบบโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล - กำลังส่องสว่าง และ มวล - อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮิร์ทสปรุง - รัสเซลล์ แล้วนำองค์ความรู้มาสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการการทดลอง วิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล การอภิปรายผล แล้วนำโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ที่ได้มาสู่การจัดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้พัฒนานักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้ก้าวสู่เป้าหมายที่สำคัญของหลักสูตร คือ การทำวิจัยและทดลองทางดาราศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี