

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษานวัตกรรมการโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จำนวน 50 คน เพื่อให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์โดยแบ่งหัวข้อการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาแนวคิดหลัก (Key idea) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก ส่วนที่ 2 หาค่าความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ ส่วนที่ 3 ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียน (Pre-test) ส่วนที่ 4 ผลการประเมินหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Post-test) และการศึกษาเปรียบเทียบ โดยรายละเอียดของผลการวิจัยเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ผลการศึกษาแนวคิดหลัก การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก

จากผลการศึกษา วิเคราะห์ เนื้อหา ดาราศาสตร์ทฤษฎี เกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของดาว พบว่า โมดูลการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนมีความกระจ่างชัดทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก นั้นสามารถแบ่งแนวคิดหลักออกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ แนวคิดหลักที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 2 แผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russel diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) แนวคิดหลักที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก และแนวคิดหลักที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก โดยมีการจัดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4 กิจกรรมตามกรอบแนวคิดหลัก

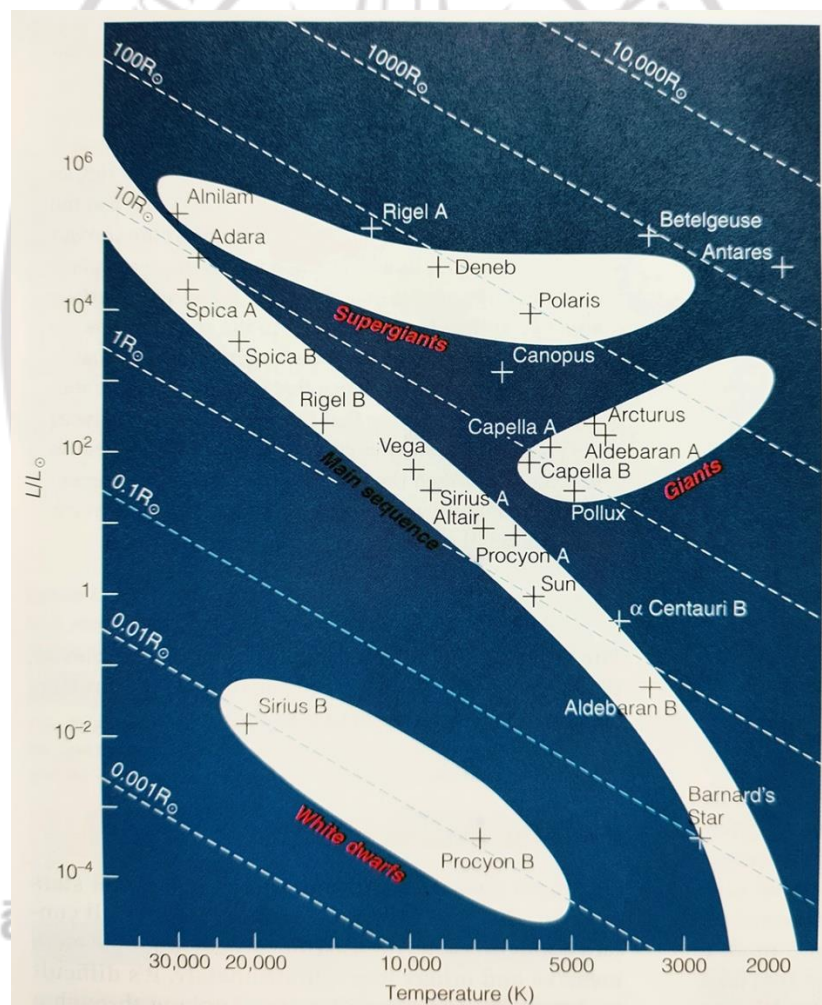
กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลแบบฝึกการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก

กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลแบบฝึกการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกโมดูลแบบฝึก มี 4 กิจกรรมตามกรอบแนวคิดหลักคือ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russel diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวลอายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก โดยสามารถแบ่งโมดูลการเรียนรู้เป็น 4 ระยะ ในเบื้องต้นจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ การอุบัติใหม่ของดาวฤกษ์ ดาวก่อนเกิด ชีวิตของดาวใน

แถบกระบวนหลัก ดาวยักษ์แดงและวิวัฒนาการสู่ดาวแคระขาว ที่จะเกี่ยวเนื่องกับคำถามที่ต้องการคำตอบ คือ ดาวฤกษ์ คืออะไร ? ปริมาณทางกายภาพที่ใช้ในการทำงานของดาวฤกษ์คืออะไร ? ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร ? กระบวนการภายในของดาวฤกษ์คืออะไร ? (ระยะที่ 1) แผนภาพเฮช-อาร์ คืออะไร ? เวลาที่ใช้ในวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับตัวแปรอะไร ? ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ที่เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากของวิชาดาราศาสตร์ ดังนั้นผู้ศึกษาจะต้องมีความรู้ที่ชัดเจนในประเด็นนี้ ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้ทดลองฝึกสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ ของดาวและบ่งชี้ส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพเฮช-อาร์ และทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของดาวฤกษ์จากแผนภาพเฮช-อาร์ เป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ จากข้อมูลดาวฤกษ์ที่กำหนดให้เพื่อศึกษาลำดับชั้นของดาวฤกษ์และส่องสว่างมากน้อยเพียงใด ผลการสร้างเครื่องมือ คือ แผนภาพเฮช-อาร์ แสดงดังภาพที่ 3.2 บทที่ 3 (ระยะที่ 2) คุณสมบัติเบื้องต้นในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักคืออะไร ? อายุขัยของดาวฤกษ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด ? ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้ระบุตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแผนภาพเฮช-อาร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ อาทิ ดาวฤกษ์ที่สว่างมากที่สุดในห้องฟ้า 23 ดวง ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้มากที่สุด 18 ดวง ที่เป็นการต่อยอดจากการสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ ในระยะที่ 2 แสดงดังภาพที่ 3.3 - ภาพที่ 3.4 บทที่ 3 นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังจะได้หาขนาดของดาวจากแผนภาพเฮช-อาร์ ซึ่งแผนภาพเฮช-อาร์ เป็นเครื่องมือในการคำนวณอุณหภูมิ ความสว่าง และขนาดของดาว ดังนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์สภาพส่องสว่าง อุณหภูมิและรัศมีของดาว โดยรัศมีของดาวจะหาได้จากความสัมพันธ์ของกฎการขยายตัวของสเตฟาน-โบลท์ซมานน์ (Stefan-Boltzmann) ดังสมการ $L = 4\pi\sigma R^2 T^4$ เมื่อกำหนดให้ $\sigma = 5.670373 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ โดยเรียกค่าคงที่นี้ว่าค่าคงที่ สเตฟาน-โบลท์ซมานน์ (Stefan-Boltzmann's constant) L คือ กำลังส่องสว่างของดาว มีหน่วยเป็น วัตต์ (*watts*) R คือ รัศมีของดาว มีหน่วยเป็น เมตร (m) T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของดาว มีหน่วยเป็น เคลวิน เมื่อนำความสัมพันธ์กฎการขยายตัวของสเตฟาน-โบลท์ซมานน์ไปใช้ในการคำนวณหาความสว่างและความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวของดาว จะช่วยให้ได้แนวเส้นทแยงมุมที่จะบ่งบอกรัศมีของดาวเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นในแผนภาพเฮช-อาร์ นอกจากจะเป็นกราฟระหว่างโชติมาตรสัมบูรณ์และชั้นสเปกตรัมของดาวแล้วยังมีแบบที่เป็นกราฟระหว่างกำลังส่องสว่างสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวของดาวดังภาพที่ 4.1 กำลังส่องสว่างสัมพันธ์ (L/L_0) คิดเทียบโดยให้กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ (L_0) = 1 ผู้สังเกตสามารถหาขนาดโดยประมาณของดาวฤกษ์ได้จากการคำนวณง่าย ๆ ดังนี้

สมมติว่า ดาวยักษ์ดวงหนึ่งส่องสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์ 100 เท่า โดยมีอุณหภูมิพื้นผิวเท่ากัน ดังนั้นพื้นที่ผิวของดาวยักษ์จึงเป็น 100 เท่าของพื้นที่ผิวของดวงอาทิตย์ หมายความว่าดาวยักษ์ดวงนั้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางหรือรัศมีเป็น 10 เท่าของดวงอาทิตย์ สำหรับดาวมหายักษ์ ซึ่งส่องสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์ถึง 10,000 หรือ 100,000 เท่า ก็จะทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางได้เช่นเดียวกัน ในแผนภาพเฮช - อาร์ ภาพที่ 4.1 มีแนวเส้นทแยงผ่านแถบของดาวฤกษ์ เพื่อบอกขนาดของดาวในชั้นต่าง ๆ อยู่

แล้วซึ่งอาจใช้บอกสภาพส่องสว่างของดาวได้ ระยะเวลาเป็นการทำความเข้าใจและการสร้างให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) เกี่ยวกับแผนภาพเฮช-อาร์ (ระยะที่ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล - กำลังส่องสว่าง และมวล - อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักเป็นอย่างไร ? ระยะเวลา กลุ่มตัวอย่างจะได้ฝึกการหาคำตอบของความสัมพันธ์ระหว่าง มวล - กำลังส่องสว่าง และ มวล - อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก โดยใช้ข้อมูลจากดาวฤกษ์ที่สว่างที่สุด 50 ดวง (ตารางที่ 2.1) แล้วทำการเลือกดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลัก มาทำการศึกษา เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ตามคำถามนำของระยะนี้นั่นเอง (ระยะที่ 4) โดยสามารถสรุปกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภาพเฮช - อาร์ แสดงกำลังส่องสว่างสัมพันธ์ กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ผิวของดาว พื้นที่ส่วนที่แรงเงาเป็นตำแหน่งของแถบกระบวนหลัก มหายักษ์ ยักษ์ และดาวแคระ แนวเส้นทแยงเป็น เส้นรัศมีของดาวคิดเป็นจำนวนเท่าของรัศมีดวงอาทิตย์

ที่มา : (Seed, M.A., 2002 : 139)

ตารางที่ 4.1 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลแบบฝึก

| ระยะ | แนวคิดหลัก | เวลา (นาที) | คำถามนำ | วัตถุประสงค์ | กิจกรรม | สื่อการเรียนรู้ |
|------|---|----------------|---|--|---|-----------------|
| 1 | วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ | 30 | 1) ดาวฤกษ์คืออะไร ? 2) ปริมาณทางกายภาพที่ใช้ในการทำงานของดาวฤกษ์คืออะไร ? 3) ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร ? 4) กระบวนการภายในของดาวฤกษ์คืออะไร ? | 1) เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) เกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 2) เพื่อสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ที่สามารถวัดได้ | แลกเปลี่ยนเรียนรู้ | ใบงาน |
| 2 | แผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) | 30 | 1) แผนภาพเฮช-อาร์คืออะไร ? 2) เวลาที่ใช้ในวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับตัวแปรอะไร ? | เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) เกี่ยวกับแผนภาพเฮช-อาร์ | 1) สร้างแผนภาพเฮช-อาร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ 2) หาขนาดของดาวฤกษ์จากแผนภาพเฮช-อาร์ | ใบงาน |
| 3 | ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก (Main sequence star) | 30 | 1) คุณสมบัติเบื้องต้นในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักคืออะไร ? 2) อายุขัยของดาวฤกษ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด ? | เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) เกี่ยวกับดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | 1) หาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก 2) คำนวณหาอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | ใบงาน |
| 4 | ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | 30 | 1) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักเป็นอย่างไร ? 2) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักเป็นอย่างไร ? | เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | 1) หาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | ใบงาน |

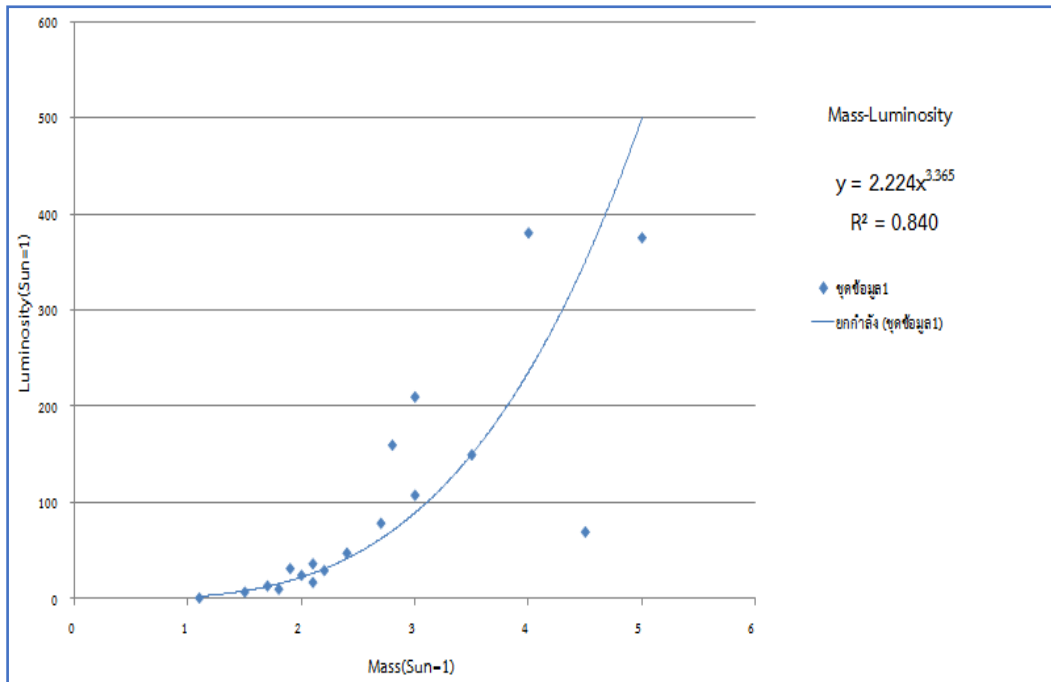
ความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้คัดเลือกดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักที่มีมวลระหว่าง $1M_{\odot}$ ถึง $20M_{\odot}$ จากตารางที่ 2.3 จำนวน 18 ดวง โดยรายละเอียดของ ชื่อดาว (Star name) ชนิดสเปกตรัม (Spectral type) มวล (Mass) กำลังส่องสว่าง (Luminosity) และช่วงชีวิต (Lifetime) ของดาวฤกษ์ แสดงดังตารางที่ 4.2

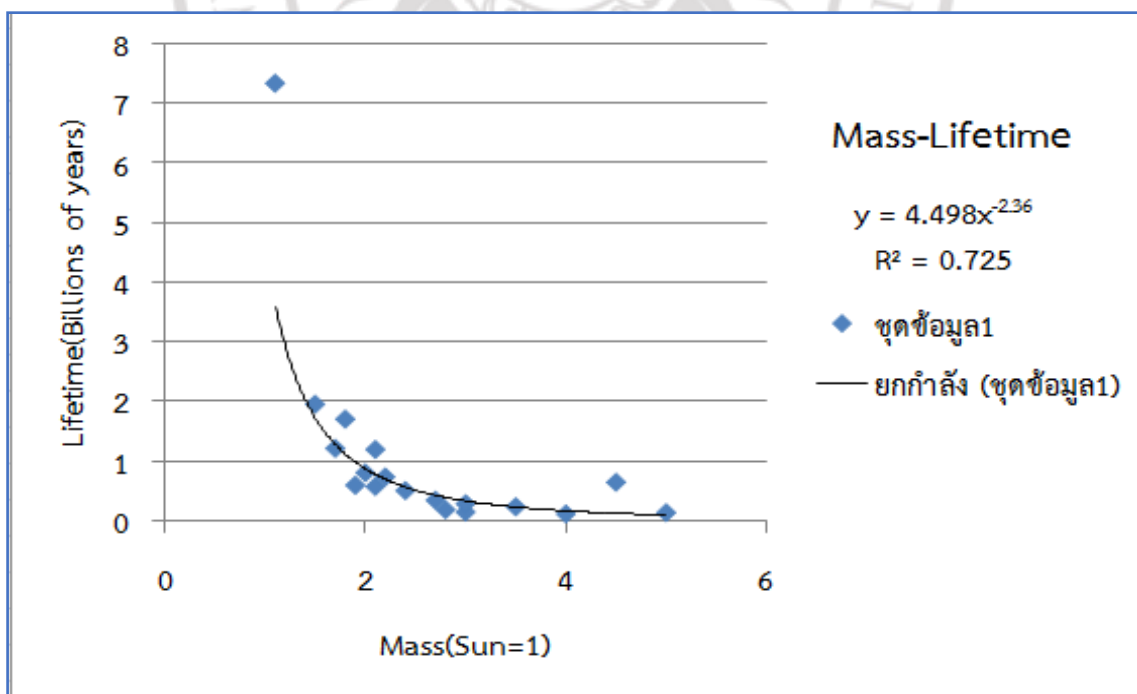
ตารางที่ 4.2 ดาวฤกษ์ 18 ดวงในแถบลำดับหลักที่มีมวลระหว่าง $1M_{\odot}$ ถึง $20M_{\odot}$

| Star name | Spectral type | Mass (Sun=1) | Luminosity (Sun=1) | Lifetime (10^9 years) |
|-------------|---------------|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| Sirius | A1 | 2 | 25 | 0.80 |
| Rigel kent | G2 | 1.1 | 1.5 | 7.33 |
| Vega | A0 | 2.1 | 37 | 0.57 |
| Capella | G5 | 2.7 | 79 | 0.34 |
| Procyon | F5 | 1.5 | 7.7 | 1.95 |
| Altair | A7 | 1.8 | 10.6 | 1.70 |
| Pollux | K0 | 1.9 | 32 | 0.59 |
| Fomalhaut | A3 | 2.1 | 17.7 | 1.19 |
| Regulus | B7 | 3.5 | 150 | 0.23 |
| Castor | A1 | 2.2 | 30 | 0.73 |
| Castor | A2 | 1.7 | 14 | 1.21 |
| Elnath | B7 | 4.5 | 70 | 0.64 |
| Miaplacidus | A2 | 3 | 210 | 0.14 |
| Alnair | B7 | 4 | 380 | 0.11 |
| Aloith | A0 | 3 | 108 | 0.28 |
| Kaus Aust | B9.5 | 5 | 375 | 0.13 |
| Menkalinan | A2 | 2.4 | 48 | 0.5 |
| Alhena | A0 | 2.8 | 160 | 0.18 |

เมื่อได้ดาวฤกษ์เป้าหมายในแถบกระบวนหลักที่จะทำการศึกษาแล้ว จึงนำมาสู่การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.3) $L = M^{\alpha}$ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.2 ส่วนในกรณีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.4) $t \sim M/M^{\alpha} = M^{1-\alpha}$ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก 18 ดวง



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์มวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก 18 ดวง

จากภาพที่ 4.2 จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่างมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ $y=2.224x^{3.365}$ ($R^2=0.840$) หรือ $L=2.224M^{3.365}$ และจากภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-อายุขัยของดาวมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ $y=4.498x^{-2.36}$ ($R^2=0.725$) หรือ $t=4.498M^{-2.36}$

ผลการประเมินโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้

กลุ่มตัวอย่าง

โมดูลนี้นำร่องด้วยนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2566 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่ผ่านการศึกษารายวิชา ดาราศาสตร์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ วิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้วจำนวน 50 คน โดยกลุ่มตัวอย่างมีอายุเกิน 18 ปีบริบูรณ์ ผ่านการดำเนินกิจกรรมตามตารางที่ 4.1 จำนวน 2 ชั่วโมง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมดูลเกี่ยวกับความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก จึงใช้แบบประเมินแบบปรนัย จำนวน 10 ข้อ ที่พัฒนาจากเครื่องมือ 2 ชนิด และแนวคิดหลัก (Bardar et al. 2007 : 103-113, Bailey et al. 2012 : 2257-2286) โดยแบบประเมินจะถูกแจกจ่ายให้กลุ่มเป้าหมายวิจัย ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ คำถาม 10 ข้อ มีคะแนนเต็มทั้งสิ้น 10 คะแนน ข้อละ 1 คะแนน ตารางที่ 4.3 แสดงคำถามของแบบสอบถามและแนวคิดหลักของโมดูล โดยรายงานแบบสอบถามทั้งหมดมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดคำถามแต่ละข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักของโมดูลแบบฝึก

| ข้อ | คำถาม | แนวคิดหลัก |
|-----|--|---|
| 1 | ดาวฤกษ์ คืออะไร ? | วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ |
| 2 | ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร ? | วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ |
| 3 | กระบวนการภายในที่เป็นหลัก (Main stellar inner processes) ของดาวฤกษ์คืออะไร ? | วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ |
| 4 | เวลาที่ใช้ในวิวัฒนาการการเกิดของดาวฤกษ์ จะขึ้นอยู่กับตัวแปรอะไร ? | วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ แผนภาพเฮช-อาร์ |
| 5 | คุณสมบัติเบื้องต้นของดาวฤกษ์ ที่นักดาราศาสตร์ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ คืออะไร ? | แผนภาพเฮช-อาร์ ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก |
| 6 | จากกรณีศึกษาที่ว่า “ดาวที่มีมวลมากจะมีกำลังส่องสว่างของดาวเป็นสัดส่วนโดยประมาณ คือ เพิ่มขึ้นจากมวลประมาณ 3.5 เท่าของมวล” จะสามารถแสดงได้โดยสมการใด ? | มวล-กำลังส่องสว่าง |
| 7 | อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด ? | ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-อายุขัย |
| 8 | ความสัมพันธ์ของอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักสามารถแสดงได้โดยสมการใด ? | ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-อายุขัย |
| 9 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มีลักษณะแบบใด ? | ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-กำลังส่องสว่าง |
| 10 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มีลักษณะแบบใด ? | ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-อายุขัย |

ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test)

ผลการประเมินความรู้เดิมของกลุ่มเป้าหมาย ก่อนใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ดาวฤกษ์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 คน มีผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลแบบฝึก แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ (Pre-test)

| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test |
|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| 1 | 3 | 17 | 3 | 34 | 5 |
| 2 | 7 | 18 | 3 | 35 | 5 |
| 3 | 6 | 19 | 4 | 36 | 7 |
| 4 | 2 | 20 | 4 | 37 | 6 |
| 5 | 3 | 21 | 3 | 38 | 2 |
| 6 | 4 | 22 | 4 | 39 | 2 |
| 7 | 2 | 23 | 4 | 40 | 8 |
| 8 | 3 | 24 | 2 | 41 | 3 |
| 9 | 5 | 25 | 5 | 42 | 8 |
| 10 | 6 | 26 | 2 | 43 | 6 |
| 11 | 2 | 27 | 4 | 44 | 3 |
| 12 | 2 | 28 | 3 | 45 | 4 |
| 13 | 3 | 29 | 3 | 46 | 2 |
| 14 | 3 | 30 | 3 | 47 | 3 |
| 15 | 3 | 31 | 3 | 48 | 2 |
| 16 | 3 | 32 | 3 | 49 | 5 |
| | | 33 | 5 | 50 | 3 |

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการประเมินระดับความรู้ของกลุ่มตัวอย่าง 50 คน ที่เป็นความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ในตัวตนของกลุ่มตัวอย่าง ผลประเมินพบว่ามีความรู้ระดับคะแนนตั้งแต่ 2.00 คะแนน ถึง

8.00 คะแนน โดยมีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.78 ± 0.1 คะแนน จากคะแนนเต็มของแบบประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ 10.00 คะแนน

การเรียนรู้รายละเอียดตามโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้

หลังจากกลุ่มตัวอย่างได้ประเมินผลการเรียนรู้ก่อนการใช้โมดูลแบบฝึก ซึ่งเป็นการประเมินองค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ในตัวตนของกลุ่มตัวอย่าง ที่ถือว่าเป็นความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ในตัวตนของกลุ่มตัวอย่าง ต่อมา ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน เพื่อนำรายละเอียดของแนวคิดหลักของนวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้แบบฝึก มาดำเนินการจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในสมาชิกแต่ละกลุ่ม โดยจัดเรียงรายละเอียดเนื้อหาตามโมดูลการเรียนรู้ ดังรายละเอียดโมดูลการเรียนรู้ตามหัวข้อ ดังนี้

| | |
|--|--------------|
| กิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ | เวลา 30 นาที |
| กิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเฮช-อาร์ | เวลา 30 นาที |
| กิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | เวลา 30 นาที |
| กิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล - กำลังส่องสว่าง และมวล - อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก | เวลา 30 นาที |

โดยให้กลุ่มตัวอย่างได้ทำความเข้าใจและสรุปองค์ความรู้ในแต่ละกิจกรรม การลงมือปฏิบัติในการสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างให้เกิดความรู้ที่ชัดเจน (Explicit knowledge) ที่เป็นความรู้แบบรูปธรรมโดยขณะทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันอย่างกว้างขวางและมีการเรียนรู้แนวคิดสำคัญในแต่ละกิจกรรมอย่างเป็นระบบ สามารถสรุปองค์ความรู้ที่เป็นความรู้แบบชัดเจน และที่สำคัญพบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นคือแผนภาพเฮช-อาร์ทำให้กลุ่มตัวอย่าง มีความสนใจในการเรียนรู้อย่างมาก เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้ตกผลึกองค์ความรู้ตามแนวคิดหลักเบื้องต้นแล้ว ผู้ดำเนินการวิจัยจึงประเมิน ผลลัพธ์การเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้

ผลการประเมินการเรียนรู้หลังใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผลการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของกลุ่มเป้าหมายหลังใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ดาวฤกษ์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 คน มีผลการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้โดยใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อนผลลัพธ์การเรียนรู้ผลลัพธ์ที่ได้ แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินการเรียนรู้หลังการใช้โมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ (Post-test)

| ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test |
|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
| 1 | 10 | 17 | 9 | 34 | 10 |
| 2 | 10 | 18 | 10 | 35 | 9 |
| 3 | 10 | 19 | 10 | 36 | 10 |
| 4 | 10 | 20 | 10 | 37 | 8 |
| 5 | 10 | 21 | 10 | 38 | 10 |
| 6 | 9 | 22 | 10 | 39 | 10 |
| 7 | 10 | 23 | 10 | 40 | 10 |
| 8 | 10 | 24 | 10 | 41 | 10 |
| 9 | 10 | 25 | 10 | 42 | 10 |
| 10 | 10 | 26 | 10 | 43 | 10 |
| 11 | 9 | 27 | 10 | 44 | 10 |
| 12 | 10 | 28 | 10 | 45 | 10 |
| 13 | 10 | 29 | 10 | 46 | 10 |
| 14 | 10 | 30 | 10 | 47 | 10 |
| 15 | 10 | 31 | 10 | 48 | 10 |
| 16 | 10 | 32 | 10 | 49 | 10 |
| | | 33 | 10 | 50 | 10 |

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลการประเมินหลังเรียนรู้โมดูลแบบฝึก พบว่าได้เกิดองค์ความรู้ที่ชัดเจนกับกลุ่มตัวอย่างโดยมีคะแนนผลการเรียนรู้ตั้งแต่ 8.00 คะแนน – 10.00 คะแนน โดยมีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.88 ± 0.1 (st.err) คะแนน จากคะแนนเต็มของแบบประเมินผลการเรียนรู้ 10.00 คะแนน

การเปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ โมดูลแบบฝึก

เมื่อนำผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลแบบฝึกและหลังการใช้โมดูลแบบฝึก ทำให้ได้ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้

| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test |
|-------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 3 | 10 | 26 | 2 | 10 |
| 2 | 7 | 10 | 27 | 4 | 10 |
| 3 | 6 | 10 | 28 | 3 | 10 |
| 4 | 2 | 10 | 29 | 3 | 10 |
| 5 | 3 | 10 | 30 | 3 | 10 |
| 6 | 4 | 9 | 31 | 3 | 10 |
| 7 | 2 | 10 | 32 | 3 | 10 |
| 8 | 3 | 10 | 33 | 5 | 10 |
| 9 | 5 | 10 | 34 | 5 | 10 |
| 10 | 6 | 10 | 35 | 5 | 9 |
| 11 | 2 | 9 | 36 | 7 | 10 |
| 12 | 2 | 10 | 37 | 6 | 8 |
| 13 | 3 | 10 | 38 | 2 | 10 |
| 14 | 3 | 10 | 39 | 2 | 10 |
| 15 | 3 | 10 | 40 | 8 | 10 |
| 16 | 3 | 10 | 41 | 3 | 10 |
| 17 | 3 | 9 | 42 | 8 | 10 |
| 18 | 3 | 10 | 43 | 6 | 10 |
| 19 | 4 | 10 | 44 | 3 | 10 |
| 20 | 4 | 10 | 45 | 4 | 10 |
| 21 | 3 | 10 | 46 | 2 | 10 |
| 22 | 4 | 10 | 47 | 3 | 10 |
| 23 | 4 | 10 | 48 | 2 | 10 |
| 24 | 2 | 10 | 49 | 5 | 10 |
| 25 | 5 | 10 | 50 | 3 | 10 |

จากตารางที่ 4.6 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีผลการเรียนรู้หลังประเมิน (Post-test) สูงกว่าผลการประเมินก่อนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Pre-test) ทุกคน หมายความว่า โมดูลการเรียนรู้ทรงกลมท้องฟ้าทำให้เกิดความรู้ชัดแจ้งแก่กลุ่มตัวอย่างทุกคน คิดเป็นร้อยละ 10