



## นวัตกรรมโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก

### The Innovative Practice Learning Module on Mass-Luminosity and Mass-Lifetime for Main Sequence Stars

สมยศ ศรีคงรักษ์, โชติ เนืองนนท์\*

Somyot Srikongrak, Chote Nuangnun

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000 Thailand

\*Corresponding author E-mail: chote.n@rbru.ac.th

(Received: May 7 2024; Revised: July 25 2024; Accepted: July 30 2024)

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัย ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ การสร้างเครื่องมือทดลองอย่างง่าย และทำการวัดประสิทธิภาพโมดูลแบบฝึกโดยกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด คือ นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพโมดูลแบบฝึก คือ แบบทดสอบปรนัย จำนวน 10 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก เป็นไปตามสมการ  $L = 2.224M^{3.365}$  ( $R^2 = 0.840$ ) และ  $t = 4.498M^{-2.36}$  ( $R^2 = 0.725$ ) ซึ่งมีความสอดคล้องกับดาราศาสตร์ทฤษฎีอย่างยอดเยี่ยม กรณีประสิทธิภาพโมดูลแบบฝึก พบว่า สามารถพัฒนาองค์ความรู้ของกลุ่มเป้าหมายได้ผลชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญในอัตราร้อยละ 100 โดยค่าเฉลี่ยคะแนน Pre-test/Post-test ของกลุ่มเป้าหมายมีค่า  $3.78 \pm 0.1$  คะแนน (st.err) และ  $9.88 \pm 0.1$  คะแนน (st.err) ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 10.00 คะแนน สะท้อนให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนว่าโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก สามารถสร้างองค์ความรู้ที่แท้จริงให้กับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : นวัตกรรมโมดูลแบบฝึก; มวล-กำลังส่องสว่าง; มวล-อายุขัย

#### Abstract

The purpose of this research was to develop an innovative, practical learning module on the mass-luminosity and mass-lifetime relationships for main sequence stars in the Hertzsprung-Russell (H-R) diagram, as well as to create a simple experimental tool and assess the effectiveness of the module. The study sample consisted of 50 B.Ed. Science students and a 10-item multiple-choice assessment were used as the research tool.

The findings revealed that the relationships for mass-luminosity and mass-lifetime for main sequence stars are expressed as follows:  $L = 2.224M^{3.365}$  ( $R^2 = 0.840$ ) and  $t = 4.498M^{-2.36}$  ( $R^2 = 0.725$ ), which align closely with theoretical predictions in astronomy. Additionally, the results indicated that the learning module significantly improved the participants' knowledge. The average pre-test score was  $3.78 \pm 0.1$  (st.err), while the post-test was  $9.88 \pm 0.1$  (st.err). These results suggest that the practical learning module on the mass-luminosity and mass-lifetime relationships for main sequence stars effectively enhanced the target group's understanding of the concepts.

Keywords : Innovative practice learning module; Mass-luminosity; Mass-lifetime



## บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นสาขาวิชาที่สำคัญที่เป็นรากฐานในการพัฒนาประเทศ ให้มีความเจริญก้าวหน้าทัดเทียมนานาชาติ โดยภายใต้แผนปฏิรูปประเทศด้านการศึกษา มีประเด็นที่สำคัญคือ 1) ยกระดับคุณภาพการศึกษา 2) ลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา 3) มุ่งความเป็นเลิศและสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ 4) ปรับปรุงการศึกษาให้มีประสิทธิภาพ แต่สภาพปัญหาในปัจจุบันที่พบ คือ มีข้อจำกัดในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ด้านองค์ความรู้เชิงลึกของผู้ถ่ายทอดความรู้ คือ ครูสอนวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือนวัตกรรมทางการศึกษาที่จะช่วยในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นนอกจากนั้นยังพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับการสอนในเนื้อหาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับดาวฤกษ์ยังมีค่อนข้างจำกัด (Bailey et al., 2012) โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ (Finegold and Pundak, 1990) ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ได้ และนักเรียนมักจะคิดว่ากาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กัน ในกรณีอื่น ๆ นักเรียนบางคนยังคิดว่ายังมีของดาวฤกษ์มากขึ้นเท่าไร มวลของดาวฤกษ์ก็ยิ่งมากขึ้นด้วย โดยความรู้และความเข้าใจค่อนข้างจำกัดนี้จึงเป็นเหตุให้นักเรียนมักไม่มีความสนใจในกลไกที่อยู่เบื้องหลังวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนยังมีความสับสนในการหาระยะทางระหว่างดาวและโลก และยังมี ความเข้าใจว่าดาวฤกษ์อยู่นิ่งและไม่ใช่วัตถุที่พุ่งที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา

ผลการศึกษาของอแกน (Agan, 2004) พบว่า ดาวฤกษ์เป็นวัตถุที่เผาไหม้ที่ซึ่งจะปล่อยปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้ด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพภายในดาวฤกษ์ การขยายตัวการยุบตัว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้นักเรียนยังคิดว่าดาวฤกษ์ยังปลดปล่อยแสงสีเดียวและตีความหมายของแผนภาพเฮอร์ตสปริง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russell diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ว่าเป็นวิถีหรือตำแหน่งที่เทียบกับเวลา โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายรูปแบบของดาวฤกษ์และการทำงานอย่างละเอียดได้นอกจากนี้งานวิจัยของไบเลย์ (Bailey, 2006) ยังแสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถอธิบายบทบาทของแรงโน้มถ่วงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก็คือ แรงศูนย์กลางในกระบวนการก่อตัวของดาวฤกษ์ เช่นเดียวกับ มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่ตระหนักถึงบทบาทของอุณหภูมิสำหรับกระบวนการภายในของดาวฤกษ์ได้ นอกจากนี้ โซติ เนื่องนันท์ และสมยศ ศรีครังค์ (2565) ได้ศึกษานวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ จากผลการวิจัยทำให้พบว่า ไม่ใช่เพียงแต่นักเรียนเท่านั้นที่มีความสับสนเกี่ยวกับโครงสร้างและ

วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ โดยพบว่า ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 100 คน ก็ยังมีความสับสนในเนื้อหาดังกล่าวอย่างมาก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนถึงโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถพัฒนาองค์ความรู้ที่ทำให้เกิดความรู้อย่างชัดแจ้ง (Explicit knowledge) ได้ผลอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่าง คือ  $3.9 \pm 0.2$  (st.err) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของกลุ่มตัวอย่าง คือ  $9.6 \pm 0.1$  (st.err) จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยกลุ่มเป้าหมายมีผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 100 สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถสร้างองค์ความรู้ที่แท้จริงให้กับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากรายละเอียดที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยพบว่า งานวิจัยโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ทางดาราศาสตร์ยังมีอย่างจำกัด และยังไม่มียโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้ทางดาราศาสตร์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักอย่างเป็นระบบ และนำมาสู่การประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยกลุ่มเป้าหมายที่กำหนดในสาระดังกล่าวอย่างเป็นระบบ เนื่องด้วยในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ในมหาวิทยาลัย มีระยะเวลาศึกษาและพัฒนาตนเองเพียง 4 ปีที่จะต้องฝึกให้นักศึกษาได้เรียนรู้วิธีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การคิดในการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ และกระบวนการในการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะในหลักสูตรที่จัดให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในรายวิชา ดาราศาสตร์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้ระเบียบวิธีวิจัยทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทดลองและวิจัยทางดาราศาสตร์ ที่เป็นหมวดหมู่ที่สำคัญในการศึกษาในรายวิชาและในหลักสูตร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮช-อาร์ แล้วนำโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้พัฒนานักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อเติมเต็มการเข้าสู่เป้าหมายในการทดลอง/วิจัยวิทยาศาสตร์ของหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิจัยทางดาราศาสตร์ ดาราศาสตร์และอวกาศ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ ขณะเดียวกันจะทำให้กลุ่มเป้าหมายได้เข้าถึง 2 แนวคิดสำคัญของดาราศาสตร์ดาวฤกษ์ คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักอย่างแท้จริง

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาออกแบบโมดูลแบบฝึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮช-อาร์ แล้วนำองค์ความรู้มาสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา โดยการจัด



กิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการทดลอง/วิจัยการวิเคราะห์ ข้อมูล การอภิปรายผล แล้วนำโมเดลแบบฝึกการเรียนรู้ที่ได้มาสู่การจัดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้พัฒนา นักศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนา กลุ่มเป้าหมายให้ก้าวสู่เป้าหมายที่สำคัญของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต และ ศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คือ การทำวิจัย การสร้างเครื่องมือ และทดลองทางวิทยาศาสตร์

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. หาค่าความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัยสำหรับดาวในแถบกระบวนหลักในแผนภาพเฮช-อาร์
2. เพื่อพัฒนาออกแบบโมเดลแบบฝึกการเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮช-อาร์
3. เพื่อวัดประสิทธิภาพโมเดลแบบฝึกการเรียนรู้ที่ได้ โดยการนำไปพัฒนา กลุ่มเป้าหมายที่กำหนด

### หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์

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

$$L = M^\alpha \quad (1)$$

โดยค่าของ  $\alpha$  มีความแตกต่างกันสำหรับช่วงต่าง ๆ ของมวลของดาวฤกษ์ (Stellar masses) ในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดังกล่าวที่รายงานออกมาตามแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ก็ยังมีความแตกต่างกันตามแหล่งที่มาอื่น ๆ อีกด้วย (Zelik & Gregory, 1998: 238-239) (Kutner, 2003: 94-65) (Fleisch & Kergenow, 2013: 147)

สำหรับมวลของดาวฤกษ์จะใช้เวลาประมาณการในช่วงระหว่าง  $1M_\odot - 20M_\odot$  โดยที่  $M_\odot$  คือ มวลของดวงอาทิตย์ งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ค่า  $\alpha = 3.5$  ที่เป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิจัยที่เป็นที่ยอมรับในการวิจัยดาราศาสตร์ ดาวฤกษ์ (Fleisch & Kergenow, 2013: 147)

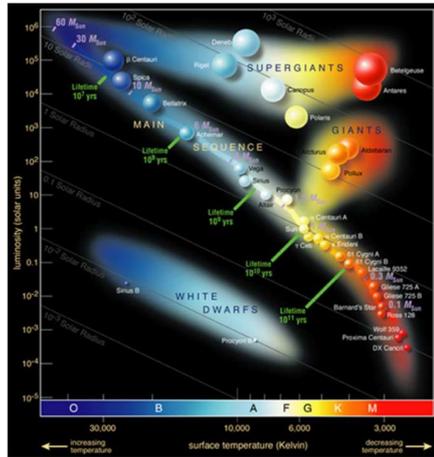
อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของไฮโดรเจนที่มีอยู่ในแกนของดาว ที่เป็นเชื้อเพลิงในปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (โชติ เมืองนนท์, 2564: 187) ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลของดาวฤกษ์ แต่จะแปรผกผันกับความร้อน (Hot) และความสว่าง (Bright) ของดาว ขณะที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งปริมาณนี้คือกำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ ดังนั้นอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ และแทนปริมาณนี้ลงในสมการ (1) จะทำให้ได้ (Zelik & Gregory, 1998: 238-239)

$$t \sim \frac{M}{M^\alpha} = M^{1-\alpha} \quad (2)$$

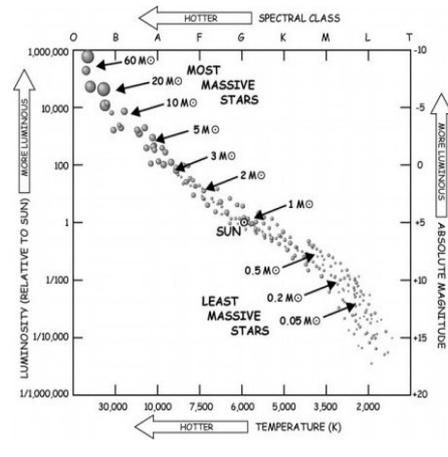
ที่  $\alpha = 3.5$ ,  $1-\alpha = -2.5$  ในหน่วยสุริยะ (Solar unit)  $t = M/L = 1$  ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้เป็นการหาอายุขัยของดาวฤกษ์

#### แผนภาพเฮช-อาร์

แผนภาพเฮช-อาร์ เป็นแผนภาพที่แสดงตำแหน่งของดาวที่เป็นที่รู้จักดีในกาแล็กซีทางช้างเผือกโดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ (หรือสภาพส่องสว่าง) ของดาวฤกษ์ที่อยู่ในแนวแกนตั้งกับชั้นสเปกตรัมหรือดัชนีสี (หรืออุณหภูมิ) ของดาวฤกษ์ซึ่งอยู่ในแกนนอน ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) ซึ่งแต่ละจุดในภาพแทนดาวฤกษ์ที่มีการกระจายอย่างมีระบบสามารถแบ่งกลุ่มของดาวฤกษ์เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มของดาวแถบกระบวนหลัก (Main sequence stars) กลุ่มดาวยักษ์ (Giant stars) และกลุ่มดาวแคระขาว (White dwarf stars) กลุ่มดาวในแถบขบวนหลักเป็นกลุ่มดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบเส้นทแยงมุมในแผนภาพเฮช-อาร์ ดาวฤกษ์ส่วนใหญ่เป็นดาวฤกษ์ที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าบนท้องฟ้าจะอยู่ในกลุ่มนี้รวมทั้งดวงอาทิตย์ด้วย ซึ่งมีเส้นสเปกตรัม G2 เป็นดาวฤกษ์สีเหลือง มีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ +5 และปรากฏบริเวณตรงกึ่งกลางของแผนภาพ ส่วนดาวที่อยู่มุมบนซ้ายมือของแผนภาพเฮช-อาร์ จะเป็นดาวฤกษ์ที่มีสภาพส่องสว่างมากที่สุดมีอุณหภูมิพื้นผิวมากกว่า 30,000 เคลวิน เป็นดาวสีน้ำเงินซึ่งอยู่ในชั้นสเปกตรัม O ส่วนดาวฤกษ์ที่อยู่มุมล่างขวามือของแผนภาพเฮช-อาร์ จะเป็นดาวฤกษ์ที่เย็น มีอุณหภูมิที่พื้นผิวต่ำกว่า 3,000 เคลวิน มีสีแดงม่วงโดยมีค่าโชติมาตรสัมบูรณ์ประมาณ +15 จากความรู้ทางดาราศาสตร์ในปัจจุบันพบว่าดาวฤกษ์ที่อยู่ในระยะ 2-3 พาร์เซกจากดวงอาทิตย์ ไม่พบดาวฤกษ์ประเภทดาวยักษ์หรือดาวยักษ์ใหญ่ (Super giant star) ประมาณการได้ว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของดาวฤกษ์ที่อยู่ในอวกาศจะเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักเป็นส่วนใหญ่ มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นดาวแคระสีขาว และน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์เป็นดาวยักษ์หรือดาวยักษ์ใหญ่



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) แผนภาพเฮช-อาร์ (ข) มวลของดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบระบวนหลัก ( $M_{\odot}$  = มวลของดวงอาทิตย์)  
ที่มา: โชติ เนื่องนันท์, 2564: 168), (Moche, 2009: 86)

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยการวัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design) โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แล้วทำการทำแบบทดสอบหลังกิจกรรม

วิธีการดำเนินการวิจัยมีลำดับและขั้นตอน คือ 1) ทำการศึกษา วิเคราะห์ แนวคิดที่สำคัญหรือแนวคิดหลักของเนื้อหาและจุดสำคัญของการเรียนรู้ในกรอบเนื้อหาโครงสร้างของดาวฤกษ์และวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 2) ดำเนินการออกแบบการทดลอง วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง คำนวณทางทฤษฎี โดยใช้อุปกรณ์การทดลองและดำเนินการทดลองตามที่วางแผนไว้และทำการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ในกรอบของเนื้อหาโครงสร้างของดาวฤกษ์และวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 3) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แล้วนำผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ออกแบบโมดูลการเรียนรู้ และทดสอบประสิทธิภาพ/ประเมินผลของโมดูลการเรียนรู้ โดยกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด 4) นำโมดูลการเรียนรู้โครงสร้างของดาวฤกษ์และวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ได้ ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด โดยก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์กับกลุ่มเป้าหมาย จะดำเนินการเก็บข้อมูลความรู้เดิมที่มีอยู่ในกลุ่มเป้าหมาย หลังจากนั้น นำโมดูลการเรียนรู้โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ได้ ทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด จนสามารถ ตกลงถึงองค์ความรู้ที่ถูกต้อง และหลังจากนั้นทำการประเมินผลผลลัพธ์การเรียนรู้หลังจากที่กลุ่มเป้าหมายได้เรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 5) นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปผลวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี และวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1-4 ประจำปี การศึกษา 2566 ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ที่ผ่านการเรียนรายวิชา ดาราศาสตร์และอวกาศดาราศาสตร์ 1 ปฏิบัติการดาราศาสตร์ รายวิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้ว ซึ่งเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์ และอวกาศ มีจำนวนทั้งสิ้น 56 คน ด้วยความคลาดเคลื่อน 0.05 ของยามาเน่ (Yamane, 1970: 580-581) จึงกำหนดประชากรที่จะ ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไว้ทั้งสิ้น 50 คน

## 2. เครื่องมือที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

2.1 จากผลการศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาดาราศาสตร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของดาว พบว่า โมดูลการเรียนรู้ ที่จะทำให้ผู้เรียนมีความกระจำซัดทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบระบวนหลัก นั้นสามารถแบ่งแนวคิดหลักออก เป็น 4 ประเด็นหลัก คือ แนวคิดหลักที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 2 แผนภาพเฮิร์ตสปริง-รัสเซลล์ (Hertzsprung-Russel diagram) หรือแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) แนวคิดหลักที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบระบวนหลัก และแนวคิดหลักที่ 4 ความสัมพันธ์ ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบ ระบวนหลัก โดยมีการจัดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4 กิจกรรม ตามกรอบแนวคิดหลัก

## 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหลัก ที่ได้โดยผู้วิจัยทำการสร้างแบบทดสอบที่สอดคล้องกับแนวคิดหลัก เพื่อวัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ข้อ หลังจากนั้น นำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน แล้วนำข้อมูล



ที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ผลปรากฏว่าได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามกรอบของแนวคิดหลัก จำนวน 10 ข้อ โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.5 ถึง 1.00 มีเวลาในการทำ 10 นาที หลังจากนั้นได้มีการนำเครื่องมือการวิจัยเข้าสู่กระบวนการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ การวิจัยในครั้งนี้ไม่ขัดต่อจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ โดยได้ขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ได้พิจารณาความครบถ้วนและรายละเอียด จึงได้ออกเอกสารรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ เลขที่ IRB-36/2566 เมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2566

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดตลอดการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูลนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการวิจัยและตีความหมายทางสถิติ

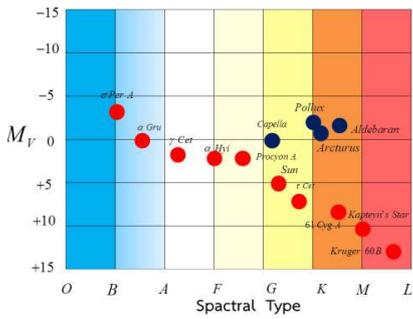
## ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาดาราศาสตร์ทฤษฎีเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของดาว พบว่า โมดูลการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนมีความกระจำงัดทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักนั้น สามารถแบ่งแนวคิดหลักออกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ แนวคิดหลักที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 2 แผนภาพเฮช-อาร์ แนวคิดหลักที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก และแนวคิดหลักที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก โดยมีการจัดกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4 กิจกรรมตามกรอบแนวคิดหลัก

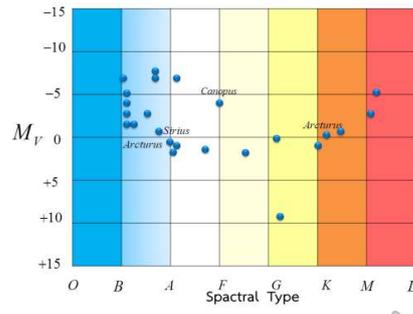
### กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลแบบฝึก

กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลแบบฝึกการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักซึ่งต่อไปนี้จะเรียกโมดูลแบบฝึกมี 4 กิจกรรมตามกรอบแนวคิดหลัก คือ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 2 แผนภาพเฮช-อาร์ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 3 ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก โดยสามารถแบ่งโมดูลการเรียนรู้เป็น 4 ระยะตามกรอบแนวคิดหลัก

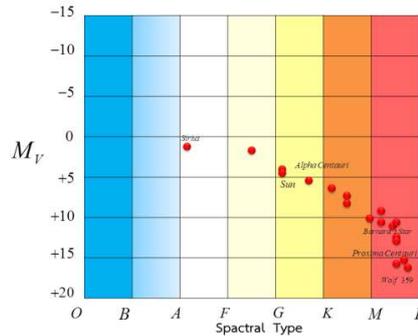
ในเรื่องต้นจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ การอุบัติใหม่ของดาวฤกษ์ ดาวก่อนเกิด ชีวิตของดาวในแถบกระบวนหลัก ดาวยักษ์แดงและวิวัฒนาการสู่ดาวแคระขาวที่จะเกี่ยวเนื่องกับคำถามที่ต้องการคำตอบ คือ ดาวฤกษ์ คืออะไร? ปริมาณทางกายภาพที่ใช้ในการทำงานของดาวฤกษ์คืออะไร? ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร? กระบวนการภายในของดาวฤกษ์คืออะไร? (ระยะที่ 1) แผนภาพเฮช-อาร์ คืออะไร? เวลาที่ใช้ในวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับตัวแปรอะไร? ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแผนภาพเฮช-อาร์ที่เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากของวิชาดาราศาสตร์ ดังนั้นผู้ศึกษาจะต้องมีความรู้ที่ชัดเจนในประเด็นนี้ ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้ทดลองฝึกสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ ของดาวและบ่งชี้ส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพเฮช-อาร์ และทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของดาวฤกษ์จากแผนภาพเฮช-อาร์ เป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง การสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ จากข้อมูลดาวฤกษ์ที่กำหนดให้เพื่อศึกษาลำดับชั้นของดาวฤกษ์และส่องสว่างมากน้อยเพียงใด ผลการสร้างเครื่องมือ คือ แผนภาพเฮช-อาร์ แสดงดังภาพที่ 3 (ก) (ระยะที่ 2) คุณสมบัติเบื้องต้นในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักคืออะไร? อายุขัยของดาวฤกษ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด? ระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้รับตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแผนภาพเฮช-อาร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ อาทิ ดาวฤกษ์ที่สว่างมากที่สุดในท้องฟ้า 23 ดวง ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้มากที่สุด 18 ดวง ที่เป็นการต่อยอดจากการสร้างแผนภาพเฮช-อาร์ ในระยะที่ 2 แสดงดังภาพที่ 3 (ข) และภาพที่ 3 (ค) (ระยะที่ 3) นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังจะได้หาขนาดของดาวจากแผนภาพเฮช-อาร์ ซึ่งแผนภาพเฮช-อาร์เป็นเครื่องมือในการคำนวณอุณหภูมิ ความสว่าง และขนาดของดาว ดังนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์สภาพส่องสว่าง อุณหภูมิและรัศมีของดาว โดยรัศมีของดาวจะหาได้จากความสัมพันธ์ของกฎการขยายตัวของสเปฟาน-โบลท์ซมานน์ดังสมการ  $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$  เมื่อกำหนดให้  $\sigma = 5.670373 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$  โดยเรียกค่าคงที่นี้ว่าค่าคงที่สเปฟาน-โบลท์ซมานน์  $L$  คือ กำลังส่องสว่างของดาวมีหน่วยเป็น วัตต์  $R$  คือ รัศมีของดาวมีหน่วยเป็น เมตร  $T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของดาวมีหน่วยเป็น เคลวิน เมื่อคำนวณหาความสว่างและความแตกต่างของอุณหภูมิพื้นผิวของดาว จะช่วยให้ได้แนวเส้นทแยงมุมที่บ่งบอรัศมีของดาวเมื่อเทียบกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นในแผนภาพเฮช-อาร์ ยังมีแบบที่เป็นกราฟระหว่างกำลังส่องสว่างสัมพันธ์กับอุณหภูมิพื้นผิวของดาว กำลังส่องสว่างสัมพันธ์ ( $L/L_0$ ) คิดเทียบโดยให้กำลังส่องสว่างของดวงอาทิตย์ ( $L_0 = 1$ ) ที่ผู้สังเกตสามารถหาขนาดโดยประมาณของดาวฤกษ์ได้จากการคำนวณง่าย ๆ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 3 แผนภาพแฮช-อาร์ (ก) ดาวในแถบขบวนการหลัก (จุดสีแดง) และดาวยักษ์ (จุดสีน้ำเงิน) (ข) ดาวฤกษ์ที่สว่างมากที่สุด (ค) ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด

**ความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ (ระยะที่ 4)**

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้คัดเลือกดาวฤกษ์ในแถบลำดับหลักที่มีมวลระหว่าง  $1M_{\odot}$  ถึง  $20M_{\odot}$  จำนวน 18 ดวง จาก AstroPixel.com โดยรายละเอียดของ ชื่อดาว (Star name) ชนิดสเปกตรัม (Spectral type) มวล (Mass) กำลังส่องสว่าง (Luminosity) และช่วงชีวิต (Lifetime) ของดาวฤกษ์ แสดงดัง

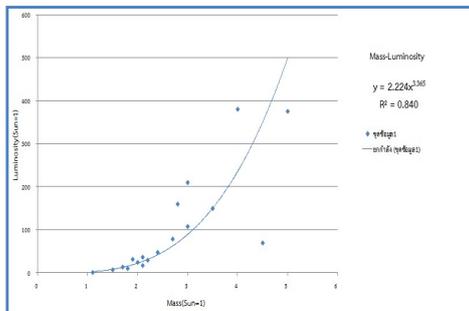
ตารางที่ 1 เมื่อได้ดาวฤกษ์เป้าหมายในแถบกระบวนการหลักที่จะทำการศึกษแล้ว จึงนำมาสู่การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (1)  $L = M^{\alpha}$  ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 (ก) ส่วนในกรณีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (2)  $t \sim M/M^{\alpha} = M^{1-\alpha}$  ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 (ข)

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

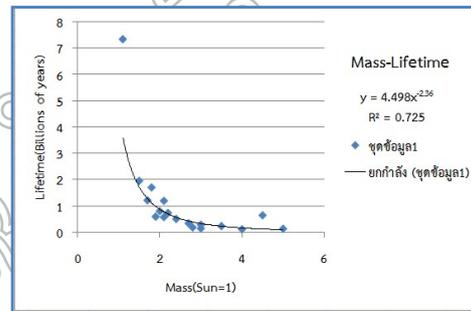
Star name	Spectral type	Mass (Sun = 1)	Luminosity (Sun = 1)	Lifetime ( $10^9$ years)
Sirius	A1	2	25	0.80
Rigel kent	G2	1.1	1.5	7.33
Vega	A0	2.1	37	0.57
Capella	G5	2.7	79	0.34
Procyon	F5	1.5	7.7	1.95
Altair	A7	1.8	10.6	1.70
Pollux	K0	1.9	32	0.59
Fomalhaut	A3	2.1	17.7	1.19
Regulus	B7	3.5	150	0.23

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Star name	Spectral type	Mass (Sun = 1)	Luminosity (Sun = 1)	Lifetime (10 <sup>9</sup> years)
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



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 (ก) ความสัมพันธ์มวล-กำลังส่องสว่างและ (ข) มวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก

จากภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่าง มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ  $y = 2.224x^{3.365}$  ( $R^2 = 0.840$ ) หรือ  $L = 2.224M^{3.365}$  และความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-อายุขัยของดาวมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ  $y = 4.498x^{-2.36}$  ( $R^2 = 0.725$ ) หรือ  $t = 4.498M^{-2.36}$

**ผลการประเมินโมดูลการเรียนรู้**

โมดูลนี้นำร่องด้วยนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสิ้น 50 คน ซึ่งผ่านการดำเนินกิจกรรมตามตารางที่ 2 จำนวน 2 ชั่วโมง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมดูลเกี่ยวกับความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับดาวฤกษ์ จึงใช้แบบประเมินแบบปรนัย 10 ข้อ ที่พัฒนาจากเครื่องมือ 2 ชนิด และแนวคิดหลัก (Bardar et al., 2007) โดยแบบประเมินจะถูกแจกจ่ายให้กลุ่มเป้าหมายจิจัย ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยน

เรียนรู้ หากตอบถูกต้องจะมีผลเป็น 1 คะแนน ตารางที่ 3 แสดงคำถามของแบบสอบถามและแนวคิดหลักของโมดูล เมื่อนำผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ทำให้ได้ผลการเปรียบเทียบของกลุ่มตัวอย่าง ผลวิจัยที่ได้แสดงดังตารางที่ 4 ผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลแบบฝึกและหลังการใช้โมดูลแบบฝึก ค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่างคือ 3.78 (S.D = 1.620) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test คือ 9.88 (S.D = 0.385) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพโมดูลแบบฝึกได้อย่างชัดเจน ซึ่งค่าความแตกต่างทางสถิติมีค่า (Mean = -6.100, Std. Deviation = 1.705, Std Error Mean = 0.241, t = -25.293, df = 49) หมายความว่าโมดูลแบบฝึกทำให้เกิดความรู้ชัดแจ้ง


**ตารางที่ 2** กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์

ระยะ	แนวคิดหลัก (เวลา : นาที)	คำถามนำ	วัตถุประสงค์	กิจกรรม (สื่อการเรียนรู้)
1	วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ (30 นาที)	1) ดาวฤกษ์คืออะไร? 2) ปริมาณทางกายภาพที่ใช้ในการทำงานของดาวฤกษ์คืออะไร? 3) ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร? 4) กระบวนการภายในของดาวฤกษ์คืออะไร?	1) เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้งเกี่ยวกับวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 2) เพื่อสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ที่สามารถวัดได้	แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (ใบงาน)
2	แผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) (30 นาที)	1) แผนภาพเฮช-อาร์ คืออะไร? 2) เวลาที่ใช้ในวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ขึ้นอยู่กับตัวแปรอะไร?	เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้งเกี่ยวกับแผนภาพเฮช-อาร์	1) สร้างแผนภาพเฮช-อาร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ 2) หาขนาดของดาวฤกษ์จากแผนภาพเฮช-อาร์ (ใบงาน)
3	ดาวฤกษ์ในแถบ กระบวนการหลัก (Main sequence star) (30 นาที)	1) คุณสมบัติเบื้องต้นในการคำนวณหาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักคืออะไร? 2) อายุขัยของดาวฤกษ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด?	เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้งเกี่ยวกับดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก	1) หาตำแหน่งของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก 2) คำนวณหาอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก (ใบงาน)
4	ความสัมพันธ์ ระหว่างมวล-กำลัง ส่องสว่าง และมวล- อายุขัย ของดาวฤกษ์ ในแถบกระบวนการหลัก (30 นาที)	1) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักเป็นอย่างไร? 2) ความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักเป็นอย่างไร?	เพื่อให้เกิดความรู้ชัดแจ้งเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก	1) หาความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก (ใบงาน)

**ตารางที่ 3** รายละเอียดคำถามแต่ละข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักของโมดูลดาวฤกษ์

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	จากกรณีศึกษาว่า “ดาวที่มีมวลมากจะมีกำลังส่องสว่างของดาวเป็นสัดส่วนโดยประมาณ คือ เพิ่มขึ้นจากมวลประมาณ 3.5 เท่าของมวล” จะสามารถแสดงได้โดยสมการใด	มวล-กำลังส่องสว่าง
7	อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณใด	ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-อายุขัย
8	ความสัมพันธ์ของอายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลักสามารถแสดงได้โดยสมการใด	ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนการหลัก มวล-อายุขัย



## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม	แนวคิดหลัก
9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล-กำลังส่องสว่างของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก มีลักษณะแบบใด	ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก มวล-กำลังส่องสว่าง
10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวล-อายุขัยของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก มีลักษณะแบบใด	ดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก มวล-อายุขัย

## ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลแบบฝึกและหลังการใช้โมดูลแบบฝึก

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



## สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้ทำให้พบว่า งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายการวิจัยคิดเป็นร้อยละ 100 ดังนี้

1. สามารถหาค่าความสัมพันธ์ มวล-กำลังส่องสว่าง และ มวล-อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮช-อาร์ ได้ และผลของการวิจัยมีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่กำหนด
2. สามารถพัฒนาออกแบบโมดูลแบบฝึกการเรี ยนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล-กำลังส่องสว่าง และ มวล-อายุขัย สำหรับดาวในแถบกระบวนหลัก ในแผนภาพเฮช-อาร์ ได้
3. สามารถวัดประสิทธิภาพโมดูลแบบฝึกการเรี ยนรู้ที่ได้ โดยการนำไปพัฒนา กลุ่มเป้าหมายที่กำหนดโดยพบว่ากลุ่มเป้าหมาย

คือ นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มีผลลั พธ์ การเรี ยนรู้หลังได้ฝึกโมดูลการเรี ยนรู้เป็นร้อยละ 100

### อภิปรายผลการวิจัย

จากภาพที่ 4 (ก) จะพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลัง ส่องสว่างมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ  $y = 2.224x^{3.365}$  ( $R^2 = 0.840$ ) หรือ  $L = 2.224M^{3.365}$  และภาพที่ 4 (ข) แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง มวล-อายุขัยของดาวมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ  $y = 4.498x^{-2.36}$  ( $R^2 = 0.725$ ) หรือ  $t = 4.498M^{-2.36}$  จากการวิเคราะห์ ความสอดคล้องกับทฤษฎีทางดาราศาสตร์ พบว่า ผลการวิจัยมีค่า สอดคล้องกับทฤษฎีกำหนด โดยดาราศาสตร์ทฤษฎีได้กำหนดว่า สำหรับดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลักที่มีมวลอยู่ระหว่าง  $1M_{\odot}$  ถึง  $20M_{\odot}$  ความสัมพันธ์คือ  $L \sim M^{3.5}$  และ  $t \sim M^{-2.5}$  ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัย

ความสัมพันธ์	ค่าทางทฤษฎี (Fleisch & Kergnow (2013))	ผลการวิจัย
มวล-กำลังส่องสว่าง	$L \sim M^{3.5}$	$L = 2.224M^{3.365}$
มวล-อายุขัย	$t \sim M^{-2.5}$	$t = 4.498M^{-2.36}$

เมื่อวิเคราะห์มุมมองในมิติของผลลัพธ์การเรี ยนรู้ ของกลุ่มตัวอย่าง จากการประเมินผลการเรี ยนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน พบว่า มีผลการเรี ยนรู้หลังการใช้โมดูลแบบฝึก การเรี ยนรู้ที่เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 100 และผลจากการเปรียบเทียบ การทำแบบทดสอบก่อนและหลังการใช้โมดูลแบบฝึกการเรี ยนรู้ Pre-test Post-test ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ที่จะต้องสอนในรายวิชาดาราศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่  $3.78 \pm 0.1$  คะแนน และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของ กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่  $9.88 \pm 0.1$  คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็น ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน จากแบบทดสอบ Post-test จะสูงกว่า การทำแบบทดสอบ Pre-test การนำนวัตกรรมโมดูลแบบฝึก การเรี ยนรู้มาพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล-กำลัง ส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ในแถบกระบวนหลัก มีผลลัพธ์การเรี ยนรู้และม็องค้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ มวล-กำลังส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์อย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าโมดูลแบบฝึกการเรี ยนรู้ความสัมพันธ์ มวล-กำลัง ส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ เป็นโมดูลที่มีประสิทธิภาพ ที่จะสามารถนำไปพัฒนาการเรี ยนรู้ความสัมพันธ์ มวล-กำลัง ส่องสว่าง และมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำโมดูลแบบฝึกการเรี ยนรู้ที่ได้ทดสอบกับ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาแล้วนำผลการวิจัย มาศึกษาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่ผ่านมาและผลการวิจัยนี้
2. ควรปรับปรุงกรรมการแลกเปลี่ยนเรี ยนรู้ โดยการใ้ บทเรี ยนการเรี ยนรู้ที่ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ทางดาราศาสตร์เข้ามา เสริมการจัดกิจกรรมการเรี ยนรู้ในด้านการหาความสัมพันธ์ระหว่าง มวล-กำลังส่องสว่างและมวล-อายุขัย ของดาวฤกษ์ แล้วทำการ ประเมินผลลัพธ์การเรี ยนรู้ที่ได้

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัย ราชภัฏรำไพพรรณี

### เอกสารอ้างอิง

- โชติ เนื่องนันท์. (2564). ดาราศาสตร์และอวกาศ. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- โชติ เนื่องนันท์ และสมยศ ศรีคงรักษ์. (2565). นวัตกรรมโมดูล การเรี ยนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของ ดาวฤกษ์. ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.



- Agan L. (2004). **Stellar ideas: Exploring students' understanding of stars.** *Astron. Edu. Rev.* 377-79.
- Bailey J.M. (2006). **Development of a concept inventory to assess students' understanding and reasoning difficulties about the properties and formation of stars.** Ph.D. Dissertation Theuniversity of Arizona, Tucson, AZ.
- Bailey J.M, Johnson B, Prather E.E and Slater T.F. (2012). **Development and validation of the star properties concept inventory***Int. J.Sci. Edu.* 34, 2257-86.
- Bardar E M, Edward E, Prather E E, Brecher K and Slater T F. (2007). **Development and validation of the light and spectroscopy concept inventory.** *Astron. Educ. Rev.* 5103-13.
- AstroPixels.com. 50 Brightest stars: [online]. Available : <http://astropixels.com/stars/brightstarsgallery.html>. 2024.
- Finegold M and Pundak D. (1990). **Students' conceptual frameworks in astronomy.** *Aust. Sci. Teach. J.* 36 76-83.
- Fleisch D and Kergenow J. (2013). **A Student's Guide to the Mathematics of Astronomy.** Cambridge University Press. 147.
- Karttunen, H. et al. (2007). **Fundamental Astronomy.** 5<sup>th</sup> Ed. New York: Springer-Verlagberlin Heidelberg.
- Kutner M L. (2003). **Astronomy a Physical Perspective.** Cambridge University Press. 94-96.
- Moche, D.L. (1978). **Astronomy A Self-Teaching Guide.** New York: John Wiley & sons Inc.
- \_\_\_\_\_. (2009). **Astronomy A Self-Teaching Guide.** 7<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & sons Inc.
- Zeilik M and Gregory S A. (1998). **An Introduction to Astronomy and Astrophysics.** Pacific Grove, CA: Brooks/Cole. 238-239.
- Yamane T. (1970). **Statistic: An Introductory Analysis.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons.