# บทที่ 4

# ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษานวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยครูผู้สอนในรายวิชาดาราศาสตร์ จำนวน 37 คน และนักศึกษาที่กำลังศึกษาในรายวิชาดาราศาสตร์ จำนวน 63 คน รวมทั้งสิ้น จำนวน 100 คน เพื่อให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนด ผลการวิจัยจะตามลำดับดังนี้ ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาแนวคิดหลัก (Key idea) ของโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ ส่วนที่ 2 ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียน (Pre-test) ส่วนที่ 3 ผลการประเมินหลังการเข้าร่วมการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ (Post-test) และส่วนที่ 4 เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ ตามรายละเอียด ดังนี้

## 4.1 ผลการศึกษาแนวคิดหลักของโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์

จากผลการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ พบว่าโมดูลการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถมีความกระจ่างชัดในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ จึงสามารถแบ่งแนวคิดหลักออกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ แนวคิดหลักที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 2 การวิเคราะห์สเปกตรัมของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 3 สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน และแนวคิดหลักที่ 4 พลังงานและปฏิกิริยาพลังงานของดาวฤกษ์ โดยรวมเนื้อหาของแนวคิดหลักในกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ คือ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 2 การเกิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเทห์วัตถุท้องฟ้า กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 3 การศึกษาสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 4 การวัดสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ และ กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ 6 การศึกษาสังเกตดวงดาวบนท้องฟ้า

### 4.1.1 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้นั้น สามารถแบ่งโมดูลการเรียนรู้ออกเป็น 4 ระยะ ตามกรอบของแนวคิดหลัก โดยในเบื้องต้นจะเป็นการอธิบายกลไกทางกายภาพและการทำงานของดาวฤกษ์ ที่จะเกี่ยวเนื่องกับคำถามที่ต้องการคำตอบคือ ดาวฤกษ์ คืออะไร? ปริมาณทางกายภาพใดที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของดาวฤกษ์? และจะสามารถวัดปริมาณนั้นได้อย่างไร? (ระยะที่ 1) ปริมาณใดที่สามารถวัดได้จากแสงที่ปลดปล่อยมาจากดาวฤกษ์ (ระยะที่ 2) รูปร่างของดาวฤกษ์เป็นอย่างไร? และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น (ระยะที่ 3) ระบบการทำงานของดาวฤกษ์

เป็นอย่างไร (ระยะที่ 4) โดยสามารถสรุปกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์

| ระยะ | แนวคิดหลัก | เวลา (ชั่วโมง) | คำถามนำ | วัตถุประสงค์ | กิจกรรม | สื่อการเรียนรู้ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของดาวฤกษ์ | 2 | 1) ดาวฤกษ์ คืออะไร?<br>2) ปริมาณทางกายภาพใดที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของดาวฤกษ์?<br>3) สามารถวัดปริมาณนั้นได้อย่างไร? | เพื่อสามารถระบุปริมาณต่างๆ ของดาวฤกษ์ที่สามารถวัดได้ | แลกเปลี่ยนเรียนรู้ | ใบงาน |
| 2 | การวิเคราะห์สเปกตรัม | 4 | ปริมาณใดที่สามารถวัดได้จากแสงที่ปลดปล่อยมาจากดาวฤกษ์ | 1)เพื่ออนุมานข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบและกระบวนการของดาวฤกษ์จากสเปกตรัม<br>2) เพื่อแยกความแตกต่างของกระบวนการทางกายภาพของดาวฤกษ์จากกราฟสเปกตรัม<br>3) เพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่ปลดปล่อยออกมากับอุณหภูมิพื้นผิวของดวงอาทิตย์ | 1) ประมาณการความถี่มูลฐานของคลื่นแรงดันจากดวงอาทิตย์<br>2) ประมาณค่ารัศมีของดวงอาทิตย์โดยใช้สมการความถี่มูลฐานของคลื่นแรงดันจากดวงอาทิตย์<br>3) เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างสเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดไส้ และหลอดกีสเลอร์<br>4) วิเคราะห์สเปกตรัมจากดวงอาทิตย์และเรียนรู้ฟังก์ชันการแผ่รังสีของวัตถุดำของพลังค์<br>5) คำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิวของดวงอาทิตย์โดยใช้กฎของวีนส์ | ใบงานและปฏิบัติการทดลอง |

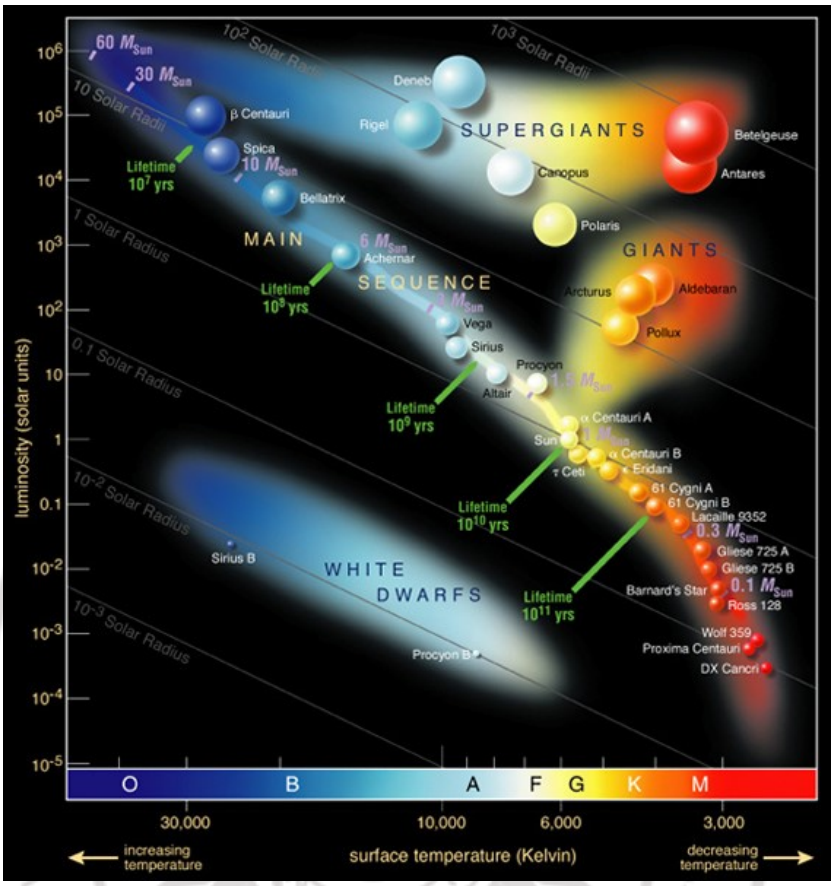
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.1** กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์ (ต่อ)

| ระยะ | แนวคิดหลัก | เวลา (ชั่วโมง) | คำถามนำ | วัตถุประสงค์ | กิจกรรม | สื่อการเรียนรู้ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน | 2 | 1) รูปร่างของดาวฤกษ์เป็นอย่างไร?<br>2) ดาวฤกษ์รักษาสภาพสมดุลได้อย่างไร? | 1) เพื่อเรียนรู้ถึงบทบาทของแรงโน้มถ่วงในกลไกการทำงานของดาวฤกษ์<br>2) เพื่อเรียนรู้ถึงความจำเป็นของแรงกดภายในดาวฤกษ์ | 1) ประมาณการแรงที่กระทำต่อปริมาตรของดวงอาทิตย์<br>2) ประมาณการอัตราเร็วรอบการหมุนของดวงอาทิตย์ | ใบงานและปฏิบัติการทดลอง |
| 4 | พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์และกลไกการปล่อยพลังงานของดาวฤกษ์ | 2 | ดาวฤกษ์มีระบบการทำงานเป็นอย่างไร? | 1) เพื่อวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงานของดาวฤกษ์ การผลิตพลังงานและองค์ประกอบทางเคมี<br>2) เพื่อทำความเข้าใจวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของมวลเริ่มต้นของดาวฤกษ์เท่านั้น | 1) ประมาณการพลังงานจากดวงอาทิตย์<br>2) แลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ภายในดวงอาทิตย์<br>3) จำแนกความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ | ใบงาน |

**ระยะที่ 1** เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดาวฤกษ์ (2 ชั่วโมง)

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ที่จะทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ตลอดทั้งโมดูล คือ การเริ่มจากการกำเนิดของดาวฤกษ์ ตั้งแต่ การอุบัติใหม่ของดาวฤกษ์ ดาวก่อนเกิด (Protostar) ชีวิตของดาวในแถบกระบวนหลัก ดาวยักษ์แดงและวิวัฒนาการสู่ดาวแคระขาว ตลอดจนถึง รัศมี มวล อุณหภูมิ และองค์ประกอบสสาร สำหรับจุดประสงค์การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของโมดูล ในที่นี้จะเจาะจงไปที่ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ นอกจากนี้แล้วดวงอาทิตย์ ยังเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเอช-อาร์ ดังภาพที่ 4.1 มีระยะที่อยู่ห่างจากโลกเป็นระยะ $1.5 \times 10^{8}$ กิโลเมตร หรือ 1 หน่วยดาราศาสตร์ (1 AU) ที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการคำนวณระยะทางทางดาราศาสตร์ในระบบสุริยะ




**ภาพที่ 4.1** แผนภาพเฮช-อาร์แสดงรายละเอียดของตำแหน่งดวงอาทิตย์ Spectral class/อุณหภูมิผิว และกำลังส่องสว่าง

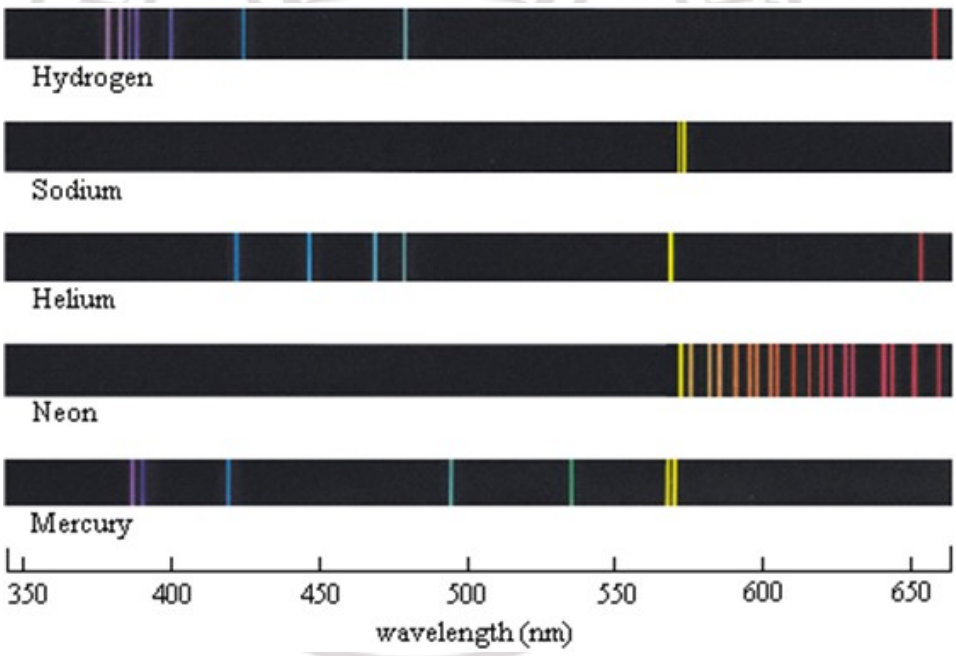
**ที่มา**: (โชติ เนืองนันท์ , 2564 : 169)

**ระยะที่ 2**

ในขั้นต้นของระยะนี้จะเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปราย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างความรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับคลื่นและการวิเคราะห์สเปกตรัมที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ของดวงอาทิตย์ พร้อมทั้งดำเนินปฏิบัติการเรื่อง สเปกตรัมของดาว (โชติ เนืองนันท์ ,2564 : 595) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเริ่มต้นการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ที่จะได้รับรู้ว่า ได้มีการสร้างคลื่นความดันในเปลือกชั้นในของดวงอาทิตย์ เนื่องจากกระบวนการภายใน และความถี่มูลฐานของการสั่นดังกล่าว ขึ้นอยู่กับปัจจัย คือ รัศมี อุณหภูมิ และมวลของดวงอาทิตย์ โดยมวลของดวงอาทิตย์กลุ่มตัวอย่างมีข้อมูลมาแล้วจากการเรียนรู้ในระยะที่ 1 สำหรับระยะนี้ กลุ่มตัวอย่างจะเข้าสู่การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สำหรับ 2 พารามิเตอร์ คือ รัศมีและอุณหภูมิ โดยแต่ละพารามิเตอร์จะกระทำการวัดที่เป็นอิสระต่อกัน ในระยะนี้ได้มีการศึกษาสเปกตรัมของแสงโดยใช้ปฏิบัติการทดลองการศึกษา

ลักษณะสเปกตรัม (โชติ เนืองนันท์ ,2564 : 599-602) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้เกี่ยวกับ กระบวนการ/โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์ การเกิดสเปกตรัม

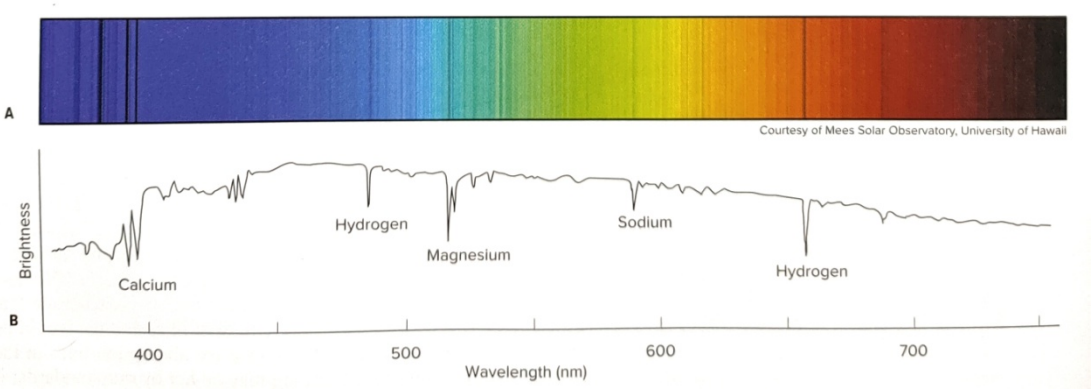
การศึกษาสเปกตรัมจากหลอดไฟฟ้าที่เป็นหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ รวมถึงสเปกตรัมของแสงที่เกิดจากหลอดกีสเลอร์ (ฮีเลียม นีออน ไฮโดรเจน) โดยใช้สเปกโตรสโคป จากหลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองทำให้พบว่า หลอดไส้ให้ความร้อนมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนซ์ กลุ่มตัวอย่างสามารถทำความเข้าใจกระบวนการทางกายภาพที่แตกต่างกัน การแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสง นอกจากนั้นแล้วกลุ่มตัวอย่างยังได้ใช้สเปกโตรสโคปในการศึกษาสเปกตรัมของแสงจากหลอดกีสเลอร์ 3 หลอด คือ หลอดกีสเลอร์ที่บรรจุก๊าซไฮโดรเจน นีออน ฮีเลียม ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า สเปกตรัมของแสงจะขึ้นอยู่กับธาตุทางเคมีที่อยู่ในกระบวนการแผ่รังสีของดาวฤกษ์ และดังนั้นปฏิกิริยาภายในระหว่างแสงและองค์ประกอบทางเคมีอาจส่งผลต่อสเปกตรัมดั้งเดิม (กระบวนการดูดกลืน)




**ภาพที่ 4.2** แผนภาพสเปกตรัมเส้นสว่างของก๊าซไฮโดรเจน นีออน ฮีเลียม
**ที่มา**: (Chaisson & McMillan, 2004 : 56)

จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงใช้สเปกโตรสโคปส่องดูสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ (ห้ามส่องหรือห้ามมองดูดวงอาทิตย์โดยตรง) โดยให้หันช่องแคบสเปกโตรสโคปส่องไปยังสิ่งที่สะท้อนแสงอาทิตย์ เช่น กลุ่มเมฆสีขาว สังเกตลักษณะสเปกตรัม และเปรียบเทียบกับลักษณะสเปกตรัมมาตรฐานของดวงอาทิตย์ ที่เป็นสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง เนื่องมาจากกระบวนการแผ่รังสีความร้อนภายใน ดังภาพที่ 4.3 จากความคล้ายคลึงกันกับสเปกตรัมของหลอดไส้ จึงทำให้กลุ่มตัวอย่าง ได้เรียนรู้และสามารถทำ

ความเข้าใจได้ว่า ปริมาณทางกายภาพหลักที่สามารถกำหนดได้จากสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ คือ อุณหภูมิผิว ณ จุดนี้ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในการวิเคราะห์แสงจากดวงอาทิตย์ และหาอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์ โดยการใช้ ซอฟท์แวร์ Spectralab โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวฟังชันการแผ่รังสีวัตถุดำของพลังค์ (Plank's blackbody radiation function) ที่ผลของอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 5900 เคลวิน



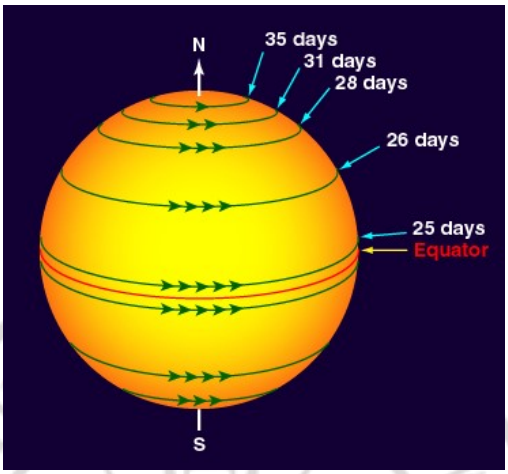

**ภาพที่ 4.3** (บน) สเปกตรัมแบบเส้นมืดของดวงอาทิตย์ **(**ล่าง**)** กราฟแสดงสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ ที่ระบุเส้นดูดกลืนของสเปกตรัม (Absorption lines) หลายเส้นที่เกี่ยวเนื่องกับธาตุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์ ที่เป็นสาเหตุการดูดกลืน

**ที่มา**: (Schneider & Arny, 2021 : 174)

ท้ายที่สุดแล้วในระยะนี้กลุ่มตัวอย่างจะทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้สเปกตรัมของดวงอาทิตย์ ดังภาพที่ 4.3 ที่แสดงถึง สเปกตรัมเส้นดูดกลืน (Absorption line spectrum) หลายเส้นที่เกี่ยวเนื่องกับธาตุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์ ที่กลุ่มตัวอย่างสามารถทำความเข้าใจได้ว่า สเปกตรัมที่วัดได้ในอวกาศที่ปรากฏเส้นดูดกลืน เนื่องจากธาตุเคมี (เช่น ไฮโดรเจน) ที่อยู่ในชั้นโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์

**ระยะที่ 3** สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน (4 ชั่วโมง)

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในเบื้องต้นให้เข้าใจเกี่ยวกับสมมาตรทรงกลมของแรงโน้มถ่วงที่กำหนดรูปร่างของดาวฤกษ์ให้เป็นทรงกลม ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจได้ว่าเหตุใด ดาวฤกษ์ไม่เกิดการยุบตัว นอกจากนั้นแล้วกลุ่มตัวอย่างยังได้ดูวิดีโอของจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspot) ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์ ทำให้สามารถทำความเข้าใจการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ (ดาวฤกษ์) ในกิจกรรมการเรียนรู้นี้ กลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรม Tracker เพื่อวัดความเร็วการหมุนของดวงอาทิตย์ ซึ่งความเร็วการหมุนของดวงอาทิตย์เป็นไปดังภาพที่ 4.4 ในกระบวนการนี้กลุ่มตัวอย่างได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กฎของนิวตัน เพื่อคำนวณหาความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ รวมถึงการอนุมานถึงแรงอื่น ๆ ที่อาจมีขึ้น ที่จะต้องทำให้เกิดสมดุลแรงโน้มถ่วงเป็นหลัก




**ภาพที่ 4.4** การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์
**ที่มา**: (NASA.(2014).Sun rotate)

**ระยะที่ 4** สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน (4 ชั่วโมง)

ในขั้นตอนนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กลไกภายในดาวฤกษ์ ที่อธิบายแรงดัน (Pressure force) สร้างอุณหพลศาสตร์สัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน (Pressure) และอุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กลไกภายในดาวฤกษ์ จากมุมมองทางพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีสมมติฐานที่ว่า กระบวนการใดที่ทำให้ดวงอาทิตย์แผ่พลังงานจากเริ่มต้น จนถึงปัจจุบัน กระบวนการเผาไหม้หรือปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (Nuclear fusion) จะถูกนำเสนอเป็นอันดับแรก และกลุ่มตัวอย่างอาจประมาณการพลังงานที่เป็นไปได้จากการเผาไหม้ไฮโดรเจน (H) ที่เทียบเท่าดวงอาทิตย์ และสามารถเรียนรู้พลังงานแสงอาทิตย์ที่แท้จริง แล้วทำการประมาณการว่าดวงอาทิตย์จะมีชีวิต อยู่ได้นานแค่ไหน การปล่อยพลังงานจำนวนนี้ออกมาที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ไฮโดรเจน ผลการคำนวณอยู่ที่ประมาณ 23,000 ปี ที่พบว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ๆ สำหรับอายุของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยา $H \rightarrow He^4$ เพื่อเรียนรู้กระบวนการปฏิกิริยานิวคลียร์ของดาวฤกษ์ ที่ผลิตโฟตอนและพลังงานความร้อน ซึ่งสร้างแรงดันที่ต้านแรงโน้มถ่วงโดยสมดุลทางกลและทางความร้อนยังคงสภาพอยู่ จนกว่ากระบวนการของปฏิกิริยานิวเคลียร์จะมีประสิทธิภาพมากพอที่จะต้าน (Contrast) ผลกระทบจากแรงโน้มถ่วง

## 4.2 ผลการประเมินโมดูลการเรียนรู้

### 4.2.1 กลุ่มตัวอย่าง

โมดูลนี้นำร่องด้วยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ที่สอนในรายวิชา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ สังกัดโรงเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา จันทบุรี ตราด (สพม.จบ.ตร)

จำนวน 37 คน และนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2565 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ผ่านการเรียนในรายวิชา ดาราศาสตร์และอวกาศ ดาราศาสตร์ 1 ปฏิบัติการดาราศาสตร์ วิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้ว จำนวน 63 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 100 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างมีอายุเกิน 18 ปีบริบูรณ์ ซึ่งผ่านการดำเนินกิจกรรมตามตารางที่ 1 จำนวน 10 ชั่วโมง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมดูลเกี่ยวกับความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับดาวฤกษ์ จึงใช้แบบประเมินแบบปรนัย 10 ข้อ ที่พัฒนาจากเครื่องมือ 2 ชนิด และแนวคิดหลัก (Bardar et al. 2007: 103-113, Bailey et al. 2012: 2257-2286) โดยแบบประเมินจะถูกแจกจ่ายให้กลุ่มเป้าหมายวิจัย ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หากตอบถูกต้องจะมีผลเป็น 1 คะแนน ตารางที่ 4.2 แสดงคำถามของแบบสอบถามและแนวคิดหลักของโมดูล โดยรายงานแบบสอบถามทั้งหมดมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก

**ตารางที่ 4.2** รายละเอียดคำถามแต่ละข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักของโมดูลดาวฤกษ์

| ข้อ | คำถาม | แนวคิดหลัก |
|---|---|---|
| 1 | ดาวฤกษ์ คืออะไร? | สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน |
| 2 | ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร? | สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน |
| 3 | กระบวนการภายในที่เป็นหลัก (Main stellar inner processes) ของดาวฤกษ์คืออะไร | พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน |
| 4 | แรงที่เกี่ยวข้องในกระบวนการการก่อตัวของดาวฤกษ์คืออะไร | สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน |
| 5 | รูปทรงของดาว (Shape of the star) คืออะไร? | สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน |
| 6 | อุณหภูมิที่แกนของดาวฤกษ์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง? | พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน |
| 7 | จากภาพจงระบุว่า ภาพใด ที่แสดงกระบวนการการเกิดเส้นสเปกตรัมแบบดูดกลืน (Absorption line) | การวิเคราะห์สเปกตรัม |
| 8 | ดาวที่เย็นที่สุด (Coolest stars) แผ่พลังงานในช่วงคลื่นใด | การวิเคราะห์สเปกตรัม |
| 9 | มีอะไรเกิดขึ้นในช่วงระหว่างการเกิดวิวัฒนาการของดาว (Evolution of s star) | พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน |
| 10 | จากภาพวัตถุชนิดใดมีอุณหภูมิสูงสุด | การวิเคราะห์สเปกตรัม |

**4.2.2 ผลการวิจัย**

เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ที่สอนในรายวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ สังกัดโรงเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา จันทบุรี ตราด (สพม.จบ.ตร) จำนวน 37 คน และนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2565 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ผ่านการเรียนในรายวิชา ดาราศาสตร์และอวกาศ ดาราศาสตร์ 1 ปฏิบัติการดาราศาสตร์ วิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้ว จำนวน 63 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 100 คน มีผลการวิจัยตามรายละเอียดดังนี้

**4.2.2.1 ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test)**

ผลการประเมินความรู้เดิมของกลุ่มเป้าหมายก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน มีผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลดาวฤกษ์แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.5

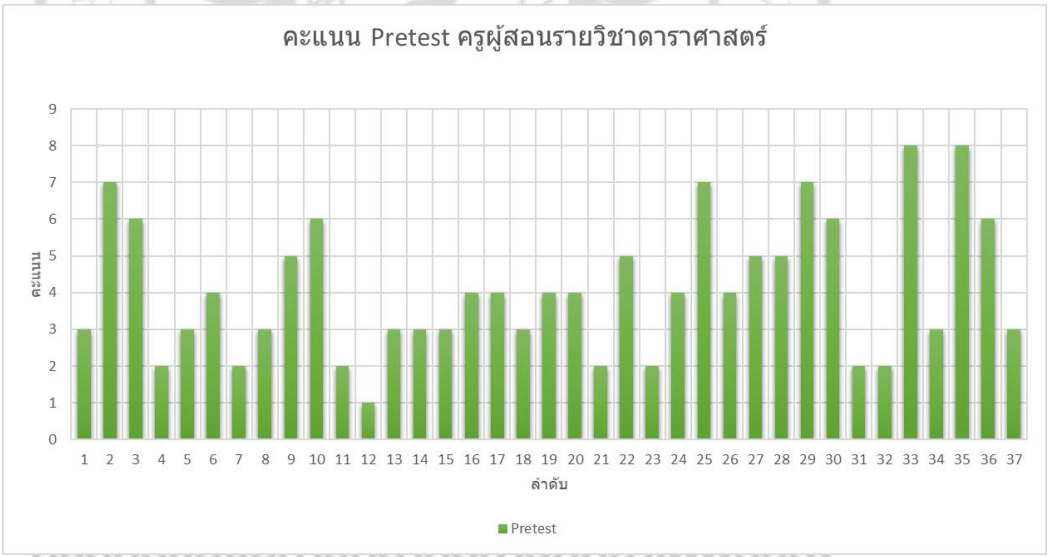
**ตารางที่ 4.3** ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test) ของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

| ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test |
| 1 | 3 | 14 | 3 | 27 | 5 |
| 2 | 7 | 15 | 3 | 28 | 5 |
| 3 | 6 | 16 | 4 | 29 | 7 |
| 4 | 2 | 17 | 4 | 30 | 6 |
| 5 | 3 | 18 | 3 | 31 | 2 |
| 6 | 4 | 19 | 4 | 32 | 2 |
| 7 | 2 | 20 | 4 | 33 | 8 |
| 8 | 3 | 21 | 2 | 34 | 3 |
| 9 | 5 | 22 | 5 | 35 | 8 |
| 10 | 6 | 23 | 2 | 36 | 6 |
| 11 | 2 | 24 | 4 | 37 | 3 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.3** ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test) ของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน (ต่อ)

| ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test |
| 12 | 1 | 25 | 7 | | |
| 13 | 3 | 26 | 4 | | |
| เฉลี่ย | | | 4.3±0.1 | | |



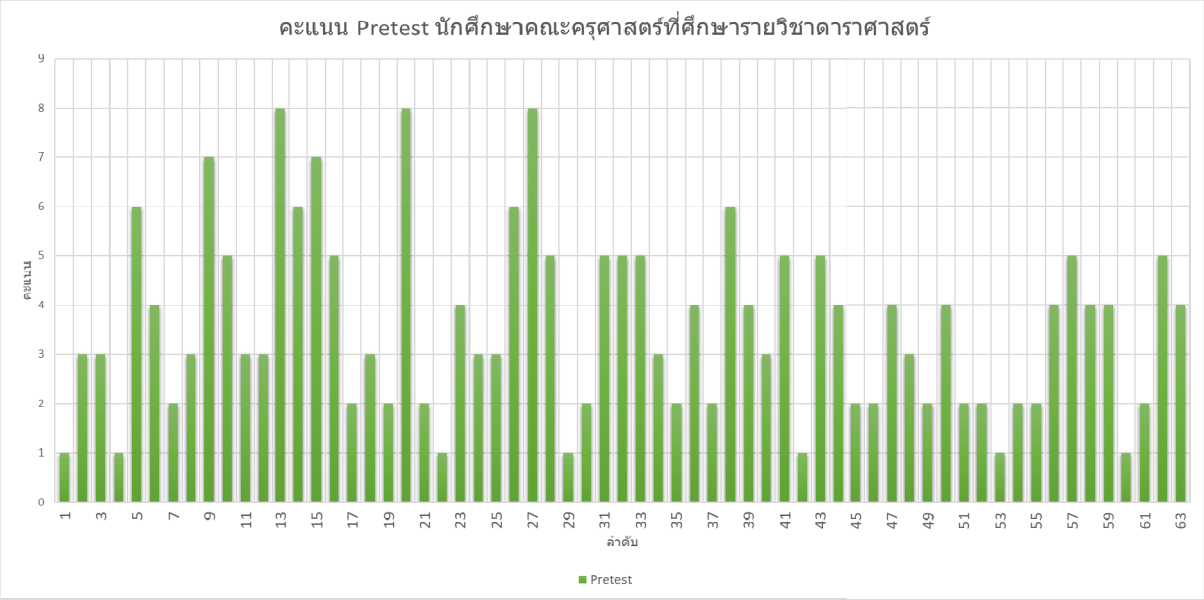

**ภาพที่ 4.5** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนใช้นวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้ของครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

กรณีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test) แสดงดัง ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6

**ตารางที่ 4.4** ผลการประเมินการเรียนรู้ก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Pre-test) ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

| นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test |
| 1 | 1 | 22 | 1 | 43 | 5 |
| 2 | 3 | 23 | 4 | 44 | 4 |
| 3 | 3 | 24 | 3 | 45 | 2 |
| 4 | 1 | 25 | 3 | 46 | 2 |
| 5 | 6 | 26 | 6 | 47 | 4 |
| 6 | 4 | 27 | 8 | 48 | 3 |
| 7 | 2 | 28 | 5 | 49 | 2 |
| 8 | 3 | 29 | 1 | 50 | 4 |
| 9 | 7 | 30 | 2 | 51 | 2 |
| 10 | 5 | 31 | 5 | 52 | 2 |
| 11 | 3 | 32 | 5 | 53 | 1 |
| 12 | 3 | 33 | 5 | 54 | 2 |
| 13 | 8 | 34 | 3 | 55 | 2 |
| 14 | 6 | 35 | 2 | 56 | 4 |
| 15 | 7 | 36 | 4 | 57 | 5 |
| 16 | 5 | 37 | 2 | 58 | 4 |
| 17 | 2 | 38 | 6 | 59 | 4 |
| 18 | 3 | 39 | 4 | 60 | 1 |
| 19 | 2 | 40 | 3 | 61 | 2 |
| 20 | 8 | 41 | 5 | 62 | 5 |
| 21 | 2 | 42 | 1 | 63 | 4 |
| เฉลี่ย | | | 3.6±0.2 | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.6** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนใช้นวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้ของนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

จากตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.5 และภาพที่ 4.6 จะพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คือ 4.3±0.1 (st.err) ขณะที่ค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ คือ 3.6±0.2 (st.err) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือ 3.9±0.2 (st.err)

### 4.2.2.2 ผลการประเมินหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test)

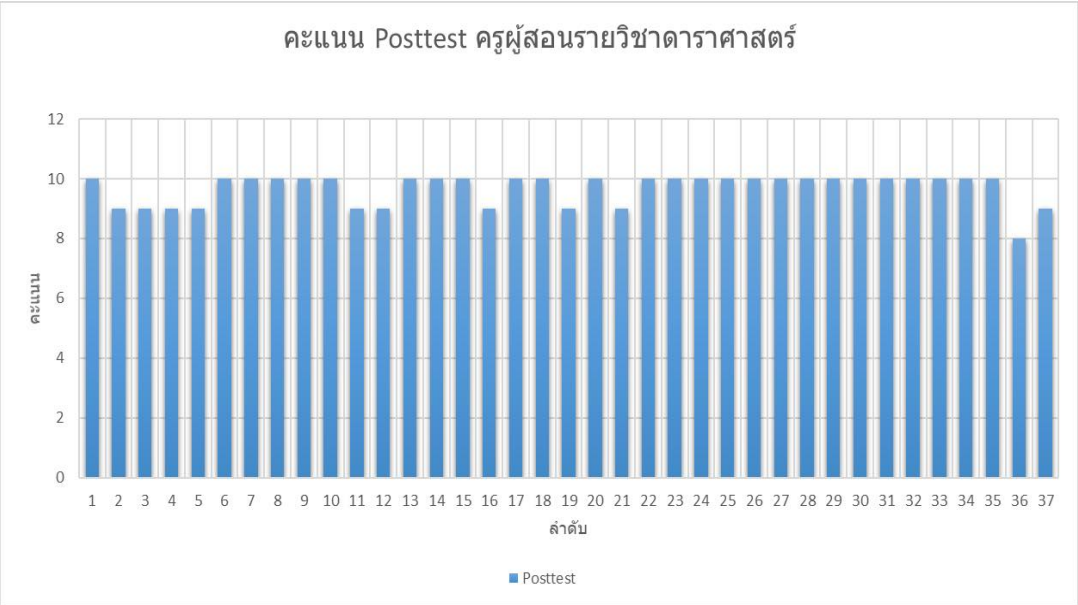
ผลการประเมินหลังการเข้าร่วมการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ หรือหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test) แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.7

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.5** ผลการประเมินการเรียนรู้หลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test) ของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

| ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test |
| 1 | 10 | 14 | 10 | 27 | 10 |
| 2 | 9 | 15 | 10 | 28 | 10 |
| 3 | 9 | 16 | 9 | 29 | 10 |
| 4 | 9 | 17 | 10 | 30 | 10 |
| 5 | 9 | 18 | 10 | 31 | 10 |
| 6 | 10 | 19 | 9 | 32 | 10 |
| 7 | 10 | 20 | 10 | 33 | 10 |
| 8 | 10 | 21 | 9 | 34 | 10 |
| 9 | 10 | 22 | 10 | 35 | 10 |
| 10 | 10 | 23 | 10 | 36 | 8 |
| 11 | 9 | 24 | 10 | 37 | 9 |
| 12 | 9 | 25 | 10 | | |
| 13 | 10 | 26 | 10 | | |
| เฉลี่ย | | | 9.7±0.2 | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.7** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลหลังใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ของครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

กรณีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน ผลการประเมินการเรียนรู้หลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test) แสดงดัง ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.8

**ตารางที่ 4.6** ผลการประเมินการเรียนรู้หลังใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test) ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

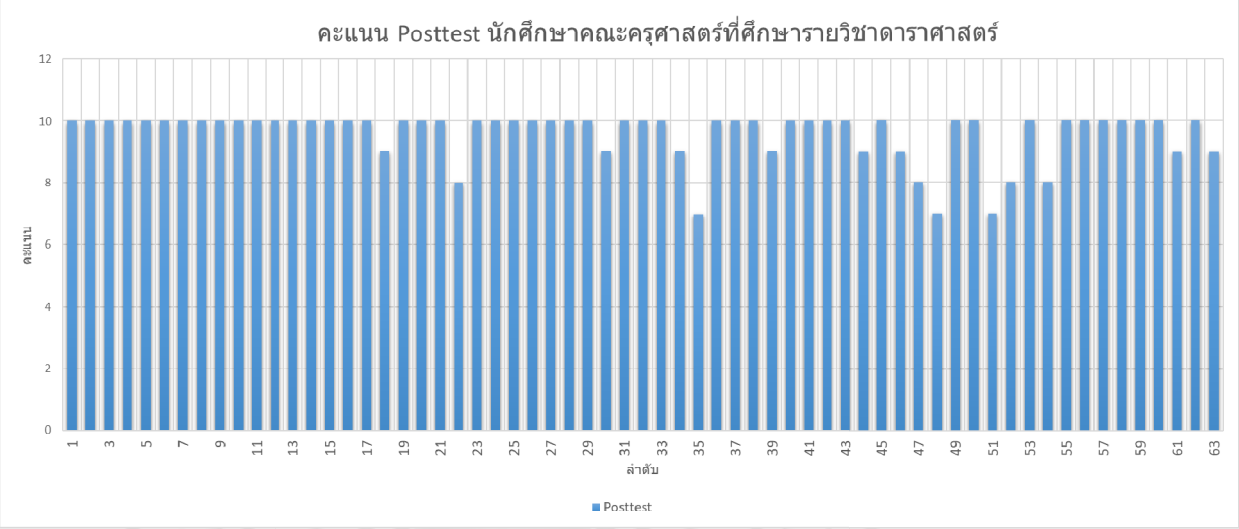
| นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test |
| 1 | 10 | 22 | 8 | 43 | 10 |
| 2 | 10 | 23 | 10 | 44 | 9 |
| 3 | 10 | 24 | 10 | 45 | 10 |
| 4 | 10 | 25 | 10 | 46 | 9 |
| 5 | 10 | 26 | 10 | 47 | 8 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.6** ผลการประเมินการเรียนรู้หลังใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ (Post-test) ของกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน (ต่อ)

| นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Post-test |
| 6 | 10 | 27 | 10 | 48 | 7 |
| 7 | 10 | 28 | 10 | 49 | 10 |
| 8 | 10 | 29 | 10 | 50 | 10 |
| 9 | 10 | 30 | 9 | 51 | 7 |
| 10 | 10 | 31 | 10 | 52 | 8 |
| 11 | 10 | 32 | 10 | 53 | 10 |
| 12 | 10 | 33 | 10 | 54 | 8 |
| 13 | 10 | 34 | 9 | 55 | 10 |
| 14 | 10 | 35 | 7 | 56 | 10 |
| 15 | 10 | 36 | 10 | 57 | 10 |
| 16 | 10 | 37 | 10 | 58 | 10 |
| 17 | 10 | 38 | 10 | 59 | 10 |
| 18 | 9 | 39 | 9 | 60 | 10 |
| 19 | 10 | 40 | 10 | 61 | 9 |
| 20 | 10 | 41 | 10 | 62 | 10 |
| 21 | 10 | 42 | 10 | 63 | 9 |
| เฉลี่ย | | | 9.6±0.1 | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.8** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลหลังใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ของนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

จากตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 ภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8 จะพบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ คือ 9.7±0.2 (st.err) ขณะที่ค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของนักศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ คือ 9.6±0.1 (st.err) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือ 9.6±0.1 (st.err)

**4.2.2.3 เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้**

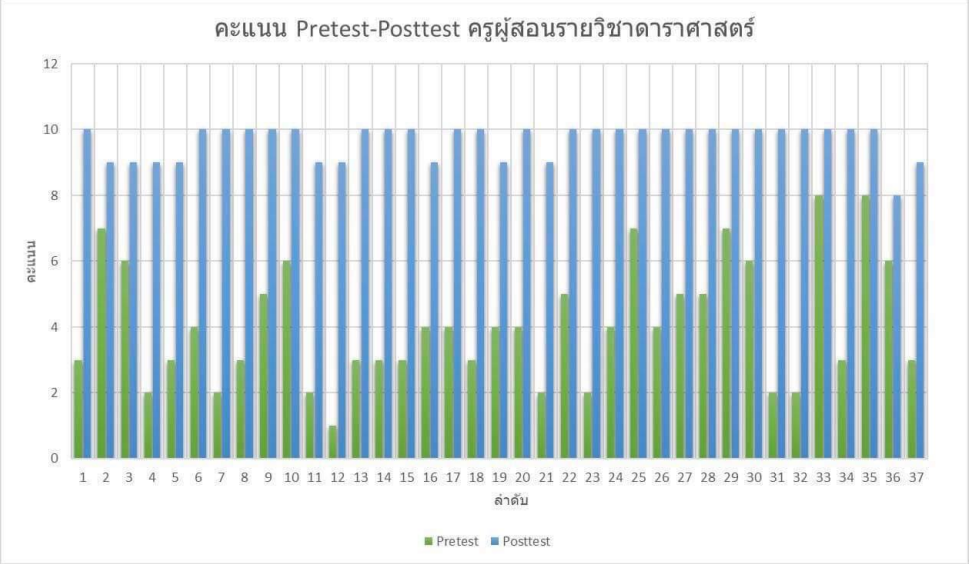
เมื่อนำผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ทำให้ผลการเปรียบเทียบของกลุ่มเป้าหมายทั้ง 2 กลุ่ม ผลวิจัยที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.7 ตารางที่ 4.8 ภาพที่ 4.9 และภาพที่ 4.10

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.7** เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

| ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test |
| 1 | 3 | 10 | 20 | 4 | 10 |
| 2 | 7 | 9 | 21 | 2 | 9 |
| 3 | 6 | 9 | 22 | 5 | 10 |
| 4 | 2 | 9 | 23 | 2 | 10 |
| 5 | 3 | 9 | 24 | 4 | 10 |
| 6 | 4 | 10 | 25 | 7 | 10 |
| 7 | 2 | 10 | 26 | 4 | 10 |
| 8 | 3 | 10 | 27 | 5 | 10 |
| 9 | 5 | 10 | 28 | 5 | 10 |
| 10 | 6 | 10 | 29 | 7 | 10 |
| 11 | 2 | 9 | 30 | 6 | 10 |
| 12 | 1 | 9 | 31 | 2 | 10 |
| 13 | 3 | 10 | 32 | 2 | 10 |
| 14 | 3 | 10 | 33 | 8 | 10 |
| 15 | 3 | 10 | 34 | 3 | 10 |
| 16 | 4 | 9 | 35 | 8 | 10 |
| 17 | 4 | 10 | 36 | 6 | 8 |
| 18 | 3 | 10 | 37 | 3 | 9 |
| 19 | 4 | 9 | | | |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.9** เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน

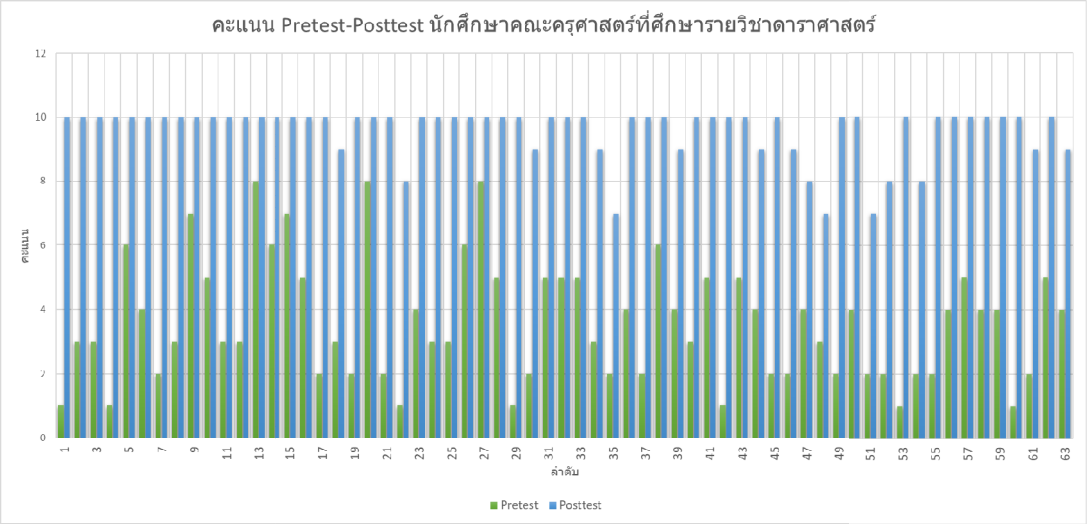
จากภาพที่ 4.9 พบว่าครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ยังไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับดาวฤกษ์อย่างครบถ้วนจะเห็นได้จากคะแนน Pre-test ซึ่งจะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 คะแนน ซึ่งสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าครูผู้สอนในรายวิชาดาราศาสตร์ยังขาดองค์ความรู้ที่ชัดเจนที่เกี่ยวข้องกับดาวฤกษ์ และหลังจากที่ได้เข้าร่วมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ พบว่าคะแนน Post-test เฉลี่ยอยู่ที่ 9.7 คะแนน ซึ่งมีการพัฒนาองค์ความรู้ที่เห็นได้ชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถสร้างความเข้าใจของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับดาวฤกษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**ตารางที่ 4.8** เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

| นักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test | ตัวอย่างที่ | คะแนน Pre-test | คะแนน Post-test |
| 1 | 1 | 10 | 22 | 1 | 10 | 43 | 5 | 10 |
| 2 | 3 | 10 | 23 | 4 | 9 | 44 | 4 | 9 |
| 3 | 3 | 10 | 24 | 3 | 7 | 45 | 2 | 10 |
| 4 | 1 | 10 | 25 | 3 | 10 | 46 | 2 | 9 |
| 5 | 6 | 10 | 26 | 6 | 10 | 47 | 4 | 8 |
| 6 | 4 | 10 | 27 | 8 | 10 | 48 | 3 | 7 |
| 7 | 2 | 10 | 28 | 5 | 9 | 49 | 2 | 10 |
| 8 | 3 | 10 | 29 | 1 | 10 | 50 | 4 | 10 |
| 9 | 7 | 10 | 30 | 2 | 10 | 51 | 2 | 7 |
| 10 | 5 | 10 | 31 | 5 | 108 | 52 | 2 | 8 |
| 11 | 3 | 10 | 32 | 5 | 10 | 53 | 1 | 10 |
| 12 | 3 | 10 | 33 | 5 | 10 | 54 | 2 | 8 |
| 13 | 8 | 10 | 34 | 3 | 10 | 55 | 2 | 10 |
| 14 | 6 | 10 | 35 | 2 | 10 | 56 | 4 | 10 |
| 15 | 7 | 10 | 36 | 4 | 10 | 57 | 5 | 10 |
| 16 | 5 | 10 | 37 | 2 | 10 | 58 | 4 | 10 |
| 17 | 2 | 10 | 38 | 6 | 10 | 59 | 4 | 10 |
| 18 | 3 | 9 | 39 | 4 | 9 | 60 | 1 | 10 |
| 19 | 2 | 10 | 40 | 3 | 10 | 61 | 2 | 9 |
| 20 | 8 | 10 | 41 | 5 | 10 | 62 | 5 | 10 |
| 21 | 2 | 10 | 42 | 1 | 10 | 63 | 4 | 9 |

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 4.10** เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ของกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

จากตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.10 พบว่านักศึกษาที่กำลังศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ยังไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับดาวฤกษ์อย่างครบถ้วนจะเห็นได้จากคะแนน Pre-test ซึ่งจะมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.6 คะแนน ซึ่งสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่านักศึกษายังขาดองค์ความรู้เชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับดาวฤกษ์อย่างชัดเจน และหลังจากที่ได้เข้าร่วมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ พบว่าคะแนน Post-test เฉลี่ยอยู่ที่ 9.6 คะแนนจากตารางคะแนนสูงขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้นโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์สามารถสร้างความเข้าใจองค์ความรู้ที่แท้จริงให้กับนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีการพัฒนาองค์ความรู้ที่เห็นได้ชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี