



นวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ Innovation of a Learning Module on the Structure and Evolution of Stars

โชติ เนื่องนันท์, สมยศ ศรีคงรักษ์*

Chote Nuangnun, Somyot Srikongrak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

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

*Corresponding author E-mail: somyot.s@rbu.ac.th

(Received: May 7 2024; Revised: July 5 2024; Accepted: July 12 2024)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา โดยการศึกษาวิจัย/ทดลองโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และสร้างแนวคิดหลัก ของโมดูลการเรียนรู้และทำการวัดประสิทธิภาพนวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้ที่ได้ โดยการสร้างกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ตามแนวคิดหลัก 3 แนวคิดหลัก คือ สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน การวิเคราะห์สเปกตรัม โมดูลการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 4 ระยะการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดหลัก โมดูลการเรียนรู้ถูกนำไปทดสอบและประเมินประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่าง คือ ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 100 คน โดยใช้แบบประเมินปรนัยจำนวน 10 ข้อ เป็นเครื่องมือในการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า โมดูลการเรียนรู้สามารถพัฒนาองค์ความรู้ของกลุ่มเป้าหมายได้ผลชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือ 3.77 (S.D = 1.869) และค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง คือ 9.63 (S.D = 0.720) ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์การเรียนรู้หลังใช้โมดูลโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีผลลัพธ์การเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 100 โดยในจำนวนนี้กลุ่มตัวอย่างที่มีผลลัพธ์การเรียนรู้ยอดเยี่ยมในอัตราร้อยละ 100 มากถึง ร้อยละ 74 จากผลลัพธ์ที่ได้สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สามารถสร้างองค์ความรู้ที่แท้จริงให้กับกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : นวัตกรรมโมดูลการเรียนรู้; โครงสร้างของดาวฤกษ์; วิวัฒนาการของดาวฤกษ์

Abstract

The purpose of this research was to develop educational innovations by researching and experimenting the structure and evolution of stars, creating a main concept of learning modules, and measuring the effectiveness of the learning modules. The creation of learning exchange activities based on the following 3 main ideas: mechanical and thermal equilibrium, energy and nuclear reaction and spectrum analysis. The learning modules were divided into 4 phases relating to the main concepts. Learning modules were tested and evaluated the effectiveness. The sample was a group of 100 persons who were 37 science teachers and 63 students of Faculty of Education, science major by using a 10-item multiple-choice assessment as a research tool. The results found that the learning module was able to significantly improve the knowledge of the target group. The mean of the pre-test scores was 3.77 (S.D = 1.869) and post-test scores was 9.63 (S.D = 0.720). The effectiveness of learning outcomes after using the stellar module found that all subjects had the learning outcomes of 100%, of which 74% of the subjects had excellent learning outcomes of 100%. According to the obtained results, it could be said that the stellar learning modules about stellar structure and evolution were able to create real knowledge for the target group effectively.

Keywords : Learning Module Innovation; Structure of Star; Evolution of Stars



บทนำ

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนในเนื้อหาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับดาวฤกษ์มีค่อนข้างจำกัด (Bailey et al., 2012) โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ (Finegold and Pundak, 1990) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ได้ และนักเรียนมักจะคิดว่า กาแล็กซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กัน ในกรณีอื่น ๆ นักเรียนบางคนยังคิดว่า ยิ่งรัศมีของดาวมากขึ้นเท่าไร มวลของดาวก็ยิ่งมากขึ้นด้วย จึงเป็นเหตุให้นักเรียนมักไม่มีความสนใจในกลไกที่อยู่เบื้องหลังวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนยังมีความสับสนในการหาระยะทางระหว่างดาวและโลก และยังมีความเข้าใจว่าดาวฤกษ์ไม่ใช่วัตถุท้องฟ้าที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา ผลการศึกษาของแแกน (Agan, 2004) พบว่า ดาวฤกษ์เป็นวัตถุที่เผาไหม้ที่ซึ่งจะปล่อยปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้ด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพภายใน ดาวฤกษ์ ขยาย ยุบตัว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้นักเรียนยังคิดว่าดาวฤกษ์ยังปลดปล่อยแสงสีเดียว และตีความหมายของแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ว่าเป็นวิถีหรือตำแหน่งที่เทียบกับเวลา โดยจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนไม่สามารถอธิบายรูปแบบของดาวฤกษ์และการทำงานอย่างละเอียดได้ นอกจากนี้งานวิจัยของไบเลย์ (Bailey, 2006) ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถอธิบายบทบาทของแรงโน้มถ่วงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก็คือแรงศูนย์กลางในกระบวนการก่อตัวของดาวฤกษ์เช่นเดียวกับ มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่ตระหนักถึงบทบาทของอุณหภูมิสำหรับกระบวนการภายในของดาวฤกษ์ได้ ทำให้พบว่า นักเรียนมีความยากลำบากในการทำความเข้าใจดาวฤกษ์ทั้ง รูปแบบและฟังก์ชันการทำงาน โดยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับความรู้ของกลไกทางฟิสิกส์จึงส่งผลทำให้เกิดอคติในการเรียนรู้ของนักเรียน และส่งผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างชัดเจน

จากรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น ในกระบวนการพัฒนาผู้วิจัยได้ตระหนักดีว่า ดาวฤกษ์สามารถเป็นบริบทที่สร้างแรงจูงใจพิเศษเพื่อศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ เช่น พลังงาน สภาพสมดุล หรือ คุณสมบัติของสสาร ด้วยเหตุนี้จึงควรมีโมดูลการเรียนรู้เฉพาะที่เกี่ยวกับฟิสิกส์โดยเฉพาะที่สอนเกี่ยวกับฟังก์ชันพื้นฐาน และคุณสมบัติของดาวฤกษ์ที่ช่วยให้ครูสอนวิทยาศาสตร์ หรือนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีหน้าที่จะต้องถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ถูกต้องและสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับแรง ไฮโดรสแตติก อุณหพลศาสตร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ การกระจายและการแผ่ของแสง โดยหากครูผู้ซึ่งมีหน้าที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ได้เข้าใจว่าเนื้อหาเหล่านี้มีความเกี่ยวเนื่องกันอย่างไร นอกจากนี้ การเข้าใจกระบวนการภายในของดาวฤกษ์ จะสามารถช่วยให้

นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ คือ (ก) พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธาตุเกิดขึ้นในดาวได้อย่างไร? การเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (ไฮโดรเจน และฮีเลียม) ไปสู่ธาตุที่หนักกว่า เช่น คาร์บอน ออกซิเจน และเหล็ก (ข) วิเคราะห์สารเคมีที่มีอยู่ในจักรวาล (ค) มีความเข้าใจเงื่อนไขภายใต้การพัฒนาขึ้นของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเพื่อให้ครูสอนวิทยาศาสตร์ หรือนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขปัญหาความยากลำบากในการทำความเข้าใจดาวฤกษ์ ของนักเรียนได้อย่างยั่งยืน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมการศึกษา เพื่อผลิตและพัฒนาครู โดยการศึกษาวิจัย ทดลอง โครงสร้างของดาวและวิวัฒนาการของดาว แล้วนำองค์ความรู้มาสร้างโมดูลการเรียนรู้ จากกระบวนการการทดลอง วิจัย แล้วนำโมดูลการเรียนรู้ที่ได้มาสู่การจัดกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เชิงปฏิบัติการ พัฒนาครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ หรือนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผู้ที่จะเข้าสู่วิชาชีพครูทางวิทยาศาสตร์ ในระยะเวลาอันใกล้เพื่อแก้ไขปัญหาความยากลำบากในการทำความเข้าใจดาวฤกษ์ของนักเรียนในโรงเรียนได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมการศึกษา โดยการศึกษา วิจัย/ทดลองโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และสร้างแนวคิดหลัก (Key idea) ของนวัตกรรมการเรียนรู้
2. เพื่อสร้างนวัตกรรมการเรียนรู้มาตรฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์
3. เพื่อวัดประสิทธิภพนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ได้ โดยการนำไปพัฒนาครูวิทยาศาสตร์หรือนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่จะต้องสอนวิชาดาราศาสตร์

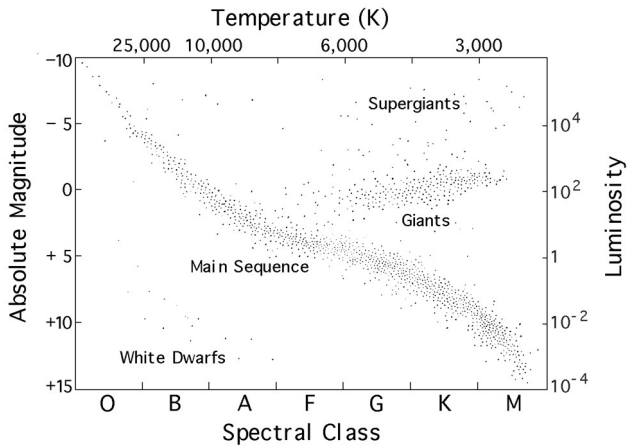
หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์ เป็นวัตถุท้องฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ที่ประกอบด้วยก๊าซเป็นส่วนใหญ่ เป็น ไฮโดรเจนและฮีเลียม ที่แรงดันของก๊าซสมดุลแรงโน้มถ่วง การหมุนเป็นผลพวงมาจากการอนุรักษ์ของโมเมนตัมเชิงมุม ที่ได้มาระหว่างการหดตัว ยุบตัว ของเนบิวลาที่เป็นกระบวนการเริ่มต้นการเกิดของดาวฤกษ์ (โชติ เนื่องนันท์, 2564) ทั้งนี้สมมติให้รูปร่างเป็นทรงกลม เนื่องด้วยแรงโน้มถ่วงเป็นแรงศูนย์กลาง แม้รูปร่างจะมีขนาดใกล้เคียงกันแต่ดาวฤกษ์แต่ละดวงก็สามารถแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของมวล รัศมี อุณหภูมิผิว (ในทางดาราศาสตร์ คือ สี) อายุ และองค์ประกอบทางเคมีที่มีน้ำหนักมวล มากกว่าฮีเลียม ซึ่งทางดาราศาสตร์ใช้คำว่า ธาตุหนัก การรวมกันของปริมาณเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนด



วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ และโดยปกติจะนำเสนอโดยแผนภาพ เฮช-อาร์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพเฮช-อาร์ แสดงการกระจายของดาว
ที่มา: (astro.phys.sc.chula.ac.th. (2567). Main sequence)

รูปแบบกลไกและสมดุลความร้อนของดาว

สมมติให้ดาวฤกษ์มีรูปทรงเป็นทรงกลมองค์ประกอบของมวล สามารถแสดงได้เป็น

$$dm = \rho(r)4\pi r^2 dr \quad (1)$$

สมการนี้เรียกว่า สมการโครงสร้างพื้นฐานการอนุรักษ์มวล เนื่องจากดาวมาตรฐานไม่เปลี่ยนรัศมีเฉลี่ย ซึ่งสามารถสมมติได้ว่าองค์ประกอบอยู่ในภาวะสมดุล ดังนั้นแรงดันภายใน แรงดันภายนอก และแรงโน้มถ่วง จึงมีความสมดุล จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เมื่อพิจารณาที่มวล จะได้

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM_s}{r^2} \rho \quad (2)$$

ที่ M_s คือ มวลดาวฤกษ์ และ P คือ แรงดันที่ระยะ r จากจุดศูนย์กลางของดาวฤกษ์ สมการที่ (2) เรียกว่า สมการโครงสร้างที่ 2

การแผ่รังสีของดาว

ดาวฤกษ์เป็นเทหวัตถุท้องฟ้าที่สร้างแสง โดยแสงที่ปลดปล่อยออกมาจะถูกผลิตในชั้นที่เรียกว่าโฟโตสเฟียร์ในการวิเคราะห์แสงที่ปลดปล่อยออกมาจากดาวฤกษ์นั้น สามารถแสดงออกมาโดยสเปกตรัมของดาว (Kutner, 2003) ซึ่งสามารถอธิบายได้โดย สมการการกระจายเรเดียของพลังค์ ที่เป็นฟังก์ชันของความยาวคลื่น λ

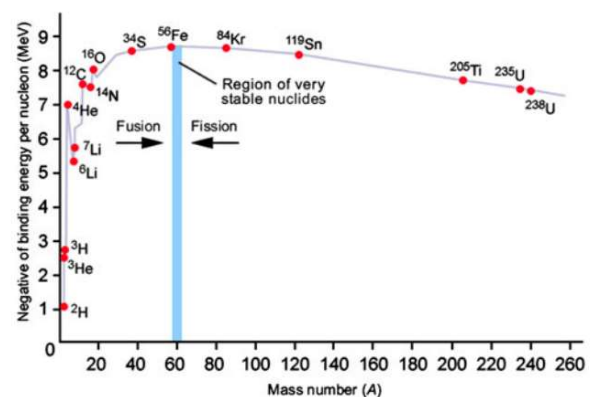
$$I(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)} - 1} \quad (3)$$

ที่ T คือ อุณหภูมิที่ปลดปล่อยออกมา h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ 6.626×10^{-34} J.s k คือ ค่าคงที่โบลทซ์มานน์ 1.380649×10^{-23} J.K⁻¹ และ c คือ ความเร็วของแสง 3×10^8 m/s

สามารถอนุมานได้ว่า การปลดปล่อยแสงดาว เกิดจากกลไกการปลดปล่อยความร้อน โดยเฉพาะจากกฎของวีน โดยสามารถสังเกตจากอุณหภูมิผิวของดาว สเปกตรัมของดวงอาทิตย์เป็นไปตามการกระจายของวัตถุดำ ด้วยอุณหภูมิ 5,777 เคลวิน การวิเคราะห์สเปกตรัมยังทำให้ทราบถึงข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีชั้นนอกของดาวฤกษ์ ผ่านสเปกตรัมดูดกลืนและสเปกตรัมปลดปล่อยของดาว

การผลิตพลังงานภายในดาวฤกษ์

สภาพสมดุลของดาว หมายความว่า ความดันและอุณหภูมิไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้ง 2 สิ่งนี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กลไกทางกายภาพที่รับประกันกรณีดังกล่าว คือ การผลิตพลังงานในแกนกลาง เนื่องมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุและมวลของดาวฤกษ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันจากไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมที่เป็นส่วนสำคัญของวัฏจักรชีวิตของดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง การคำนวณพลังงานทั้งหมดที่ผลิตจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แสดงดังภาพที่ 2 จากภาพแสดงพลังงานยึดเหนี่ยวที่เป็นฟังก์ชันของมวลอะตอม จากกราฟนี้สามารถสรุปผลได้ 2 ประการคือ ประการที่หนึ่ง พลังงานส่งมาจากฟิวชันของ $H \rightarrow He^4$ นั้น มากกว่าพลังงานที่ส่งมาจากปฏิกิริยาฟิวชันของโลหะ (Metal) ดังนั้นเวลาที่ใช้ในปฏิกิริยานี้ จึงมากกว่าเวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาที่สร้างโลหะ ด้วยเหตุนี้เมื่อสังเกตดาวฤกษ์ ปฏิกิริยา $H \rightarrow He^4$ จึงเป็นส่วนหลัก โดยหลักฐานนี้จึงพิสูจน์ให้เห็นว่าดาวในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ มีความหนาแน่นสูงกว่า ประการที่สอง หลังจากผลิตเหล็ก (Fe) ปฏิกิริยาจะไม่อีกต่อไป และสภาพสมดุลของดาวก็จะไม่มีอีกต่อไป ซึ่งกระบวนการต่อไปคือการยุบตัวเล็กชีวิตของดาวฤกษ์ไปในที่สุด (Moche, 2015)



ภาพที่ 2 พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลีออน

ที่มา: (Kutner, 2003)

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง



ที่กำหนดโดยการวัดสองครั้ง (One-Group Pretest-Posttest Design) โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แล้วทำแบบทดสอบหลังกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

วิธีการดำเนินการวิจัยมีลำดับและขั้นตอน คือ 1) ทำการศึกษา วิเคราะห์ แนวคิดที่สำคัญหรือแนวคิดหลักของเนื้อหาและจุดสำคัญของการเรียนรู้ในกรอบเนื้อหาโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ 2) ดำเนินการออกแบบการทดลอง วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง คำนวณทางทฤษฎี โดยใช้อุปกรณ์การทดลองและดำเนินการทดลองตามที่วางแผนไว้ 3) วิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้จากการทดลอง แล้วนำผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาออกแบบโมดูลการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แล้วทดสอบประสิทธิภาพ/ประเมินผลของโมดูลการเรียนรู้เบื้องต้นโดยกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด 4) นำโมดูลการเรียนรู้ ที่ได้ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด โดยก่อนใช้โมดูลการเรียนรู้ กับกลุ่มเป้าหมาย จะดำเนินการเก็บข้อมูลความรู้เดิมที่มีอยู่ในกลุ่มเป้าหมาย หลังจากนั้นนำโมดูลการเรียนรู้ ที่ได้ทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด จนสามารถตกผลึกองค์ความรู้ที่ถูกต้อง และหลังจากนั้นทำการประเมิน ผลลัพธ์การเรียนรู้ หลังจากที่ถูกกลุ่มเป้าหมายได้เรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ 5) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปผลวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี และวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีรายละเอียดของประชากรแต่ละกลุ่ม ดังนี้ (1) จำนวนประชากรครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่สอนในรายวิชา โลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์และอวกาศ ของโรงเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ตราด (สพม.จบ.ตร) มีจำนวนโรงเรียนทั้งสิ้น 39 โรงเรียน โดยถือว่าแต่ละโรงเรียนมีครูผู้สอนรายวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ที่เป็นผู้มีความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์และอวกาศ แห่งละ 1 คน ดังนั้นประชากรประเภทครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จึงมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 39 คน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรี ตราด, 2565) (2) จำนวนประชากรประเภทนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ วิชาเอกเคมี และวิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 1-4 ประจำปีการศึกษา 2565 ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ที่ผ่านการเรียนรายวิชาดาราศาสตร์และอวกาศ ดาราศาสตร์ 1 ปฏิบัติการดาราศาสตร์ รายวิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้ว ซึ่งเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์และอวกาศ มีจำนวนทั้งสิ้น 73 คน

ดังนั้นประชากรรวมทั้ง 2 กลุ่มจำนวนทั้งสิ้น 112 คน ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาวิจัย เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ทั้ง 2 กลุ่มพร้อม ๆ กันโดยใช้เครื่องมือวัดที่มีเนื้อหาเดียวกัน เนื่องด้วยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานด้านดาราศาสตร์และอวกาศเพียงพอต่อการดำเนินการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ด้วย ความคลาดเคลื่อน 0.05 ของยามาเน (Yamane, 1970: 580-581) จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ไว้ทั้งสิ้น 100 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Kouli, 1984: 108) การวิจัยครั้งนี้กำหนดกลุ่มตัวอย่าง คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 37 คน และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 63 คน

2. เครื่องมือที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

2.1 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดหลัก จำนวน 6 กิจกรรม กิจกรรมที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กิจกรรมที่ 2 การเกิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์และเทหวัตถุท้องฟ้า กิจกรรมที่ 3 การศึกษาสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ กิจกรรมที่ 4 การวัดสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ กิจกรรมที่ 5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ กิจกรรมที่ 6 ศึกษาสังเกตดวงดาวบนท้องฟ้า ซึ่งใช้เวลารวม 10 ชั่วโมง โดยแต่ละกลุ่มเรียนดำเนินการกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนครบทุกกิจกรรม ดังตารางที่ 1

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหลักที่ได้โดยผู้วิจัยทำการสร้างแบบทดสอบที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักเพื่อวัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ข้อ หลังจากนั้นนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ผลปรากฏว่าได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามกรอบของแนวคิดหลัก จำนวน 10 ข้อ โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.50 ถึง 1.00 มีเวลาในการทำ 10 นาที หลังจากนั้นได้มีการนำเครื่องมือการวิจัยเข้าสู่กระบวนการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ การวิจัยในครั้งนี้ไม่ขัดต่อจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ โดยได้ขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ได้พิจารณาความครบถ้วนและรายละเอียด จึงได้ออกเอกสารรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ เลขที่ IRB-42/2565 เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2565

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บรวบรวมผลการวิเคราะห์แนวคิดหลัก การทดลอง ผลการทดลอง การสร้างโมดูลการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดหลักที่ได้ โดยผ่านการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การประเมินก่อนและหลังกิจกรรม



การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และบันทึกการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ตลอดการดำเนินการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลลัพท์การเรียนรู้ เพื่อวัดประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้ และหาค่าทางสถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean), std. Deviation, std. Error Mean, t แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาตีความหมายผลการวิจัยที่ได้

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทฤษฎี การทดลอง เกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ พบว่า โมดูลการเรียนรู้ที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถมีความกระจ่างชัดในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติจึงสามารถแบ่งแนวคิดหลักออกเป็น 4 ประเด็นหลัก คือ แนวคิดหลักที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 2 การวิเคราะห์สเปกตรัมของดาวฤกษ์ แนวคิดหลักที่ 3 สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน และแนวคิดหลักที่ 4 พลังงานและปฏิกิริยาพลังงานของดาวฤกษ์ โดยรวมเนื้อหาของแนวคิดหลักในกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ กิจกรรมที่ 2 การเกิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์และวัตถุท้องฟ้า กิจกรรมที่ 3 การศึกษาสเปกตรัมของธาตุต่าง ๆ กิจกรรมที่ 4 การวัดสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ กิจกรรมที่ 5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ และ กิจกรรมที่ 6 การศึกษาสังเกตดวงดาวบนท้องฟ้า

โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์

จากกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 6 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้นั้น สามารถแบ่งโมดูลการเรียนรู้ออกเป็น 4 ระยะ ตามกรอบของแนวคิดหลัก โดยในเบื้องต้นจะเป็นการอธิบายกลไกทางกายภาพและการทำงานของดาวฤกษ์ ที่จะเกี่ยวเนื่องกับคำถามที่ต้องการคำตอบ คือ ดาวฤกษ์คืออะไร? ปริมาณทางกายภาพใดที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของดาวฤกษ์? และจะสามารถวัดปริมาณนั้นได้อย่างไร? (ระยะที่ 1) ปริมาณใดที่สามารถวัดได้จากแสงที่ปลดปล่อยมาจากดาวฤกษ์ (ระยะที่ 2) รูปร่างของดาวฤกษ์

เป็นอย่างไร? และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น (ระยะที่ 3) ระบบการทำงานของดาวฤกษ์เป็นอย่างไร (ระยะที่ 4) โดยสามารถสรุปกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 1

ระยะที่ 1 เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับดาวฤกษ์ (2 ชั่วโมง)

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ที่จะทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ตลอดทั้งโมดูล คือ การเริ่มจากการกำเนิดของดาวฤกษ์ ตั้งแต่การยุบตัวของเมฆแก๊สและฝุ่นในอวกาศ (Protostar) ชีวิตของดาวในแถบกระบวนหลัก ดาวฤกษ์แดงและวิวัฒนาการสู่ดาวแคระขาว ตลอดจนถึง รัศมี มวล อุณหภูมิ และองค์ประกอบสสาร สำหรับจุดประสงค์การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของโมดูล ในที่นี้จะเจาะจงไปที่ดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้โลกมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ นอกจากนี้แล้วดวงอาทิตย์ ยังเป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักของแผนภาพแฮช-อาร์

ระยะที่ 2 การวิเคราะห์สเปกตรัม (4 ชั่วโมง)

ในขั้นต้นของระยะนี้จะเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้การอธิบาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างความรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับคลื่นและการวิเคราะห์สเปกตรัมที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ของดวงอาทิตย์ พร้อมทั้งดำเนินปฏิบัติการเรื่องสเปกตรัมของดาว (Moche, 2015) (Kutner, 2003) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเริ่มต้นการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ที่จะได้รับรู้ว่าได้มีการสร้างคลื่นความดันในเปลือกชั้นในของดวงอาทิตย์ เนื่องจากกระบวนการภายใน และความถี่มูลฐานของการสั่นดังกล่าว ขึ้นอยู่กับปัจจัย คือ รัศมี อุณหภูมิ และมวลของดวงอาทิตย์ โดยมวลของดวงอาทิตย์กลุ่มตัวอย่างมีข้อมูลมาแล้วจากการเรียนรู้ในระยะที่ 1 สำหรับระยะนี้ กลุ่มตัวอย่างจะเข้าสู่การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สำหรับ 2 พารามิเตอร์ คือ รัศมีและอุณหภูมิ โดยแต่ละพารามิเตอร์จะกระทำการวัดที่เป็นอิสระต่อกัน ในระยะนี้ได้มีการศึกษาสเปกตรัมของแสง โดยใช้ปฏิบัติการทดลองการศึกษาลักษณะสเปกตรัม (โชติ เนื่องนันท, 2564) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการ/โครงสร้างภายในของดวงอาทิตย์ การเกิดสเปกตรัม

ตารางที่ 1 กิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์

ระยะ	แนวคิดหลัก (เวลา)	คำถามนำ	วัตถุประสงค์	กิจกรรม (สื่อการเรียนรู้)
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของดาวฤกษ์ (เวลา 2 ชั่วโมง)	1) ดาวฤกษ์คืออะไร? 2) ปริมาณทางกายภาพใดที่ใช้ในการอธิบายการทำงานของดาวฤกษ์? 3) สามารถวัดปริมาณนั้นได้อย่างไร?	เพื่อสามารถระบุปริมาณต่าง ๆ ของดาวฤกษ์ที่สามารถวัดได้	แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (ใบงาน)



ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระยะ	แนวคิดหลัก (เวลา)	คำถามนำ	วัตถุประสงค์	กิจกรรม (สื่อการเรียนรู้)
2	การวิเคราะห์ สเปกตรัม (เวลา 4 ชั่วโมง)	ปริมาณใดที่สามารถวัดได้จาก แสงที่ปลดปล่อยมาจาก ดาวฤกษ์	1) เพื่ออนุมานข้อมูลเกี่ยวกับ องค์ประกอบและกระบวนการ ของดาวฤกษ์จากสเปกตรัม 2) เพื่อแยกความแตกต่างของ กระบวนการทางกายภาพของ ดาวฤกษ์จาก กราฟสเปกตรัม 3) เพื่อเรียนรู้ความสัมพันธ์ ระหว่างแสงที่ปลดปล่อยออก มากับอุณหภูมิพื้นผิวของดวง อาทิตย์	1) ประเมินการความถี่พื้นฐาน ของคลื่นแรงดันจากดวงอาทิตย์ 2) ประเมินค่ารัศมีของ ดวงอาทิตย์โดยใช้สมการความถี่ มูลฐานของคลื่นแรงดันจาก ดวงอาทิตย์ 3) เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่าง ระหว่างสเปกตรัมของหลอด ฟลูออเรสเซนต์ หลอดไส้ และ หลอดก๊าสเลอร์ 4) วิเคราะห์สเปกตรัมจาก ดวงอาทิตย์และเรียนรู้ฟังก์ชัน การแผ่รังสีของวัตถุดำของพลังค์ 5) คำนวณหาอุณหภูมิพื้นผิว ของดวงอาทิตย์โดยใช้กฎของ วีนส์ (ใบงาน/ปฏิบัติการทดลอง)
3	สมดุลทางกลและ สมดุลความร้อน (เวลา 2 ชั่วโมง)	1) รูปร่างของดาวฤกษ์เป็น อย่างไร? 2) ดาวฤกษ์รักษาสมดุล ได้อย่างไร?	1) เพื่อเรียนรู้ถึงบทบาทของ แรงโน้มถ่วงในกลไกการทำงานของ ดาวฤกษ์ 2) เพื่อเรียนรู้ถึงความจำเป็น ของแรงกดดันในดาวฤกษ์	1) ประเมินการแรงที่กระทำต่อ ปริมาตรของดวงอาทิตย์ 2) ประเมินการอัตราเร็วรอบ การหมุนของดวงอาทิตย์ (ใบงาน/ปฏิบัติการทดลอง)
4	พลังงานและ ปฏิกิริยาพลังงาน การเกิดปฏิกิริยา นิวเคลียร์และกลไก การปล่อยพลังงาน ของดาวฤกษ์ (เวลา 2 ชั่วโมง)	ดาวฤกษ์มีระบบการทำงาน เป็นอย่างไร?	1) เพื่อวิเคราะห์ฟังก์ชันการ ทำงานของดาวฤกษ์ การผลิต พลังงานและองค์ประกอบทาง เคมี 2) เพื่อทำความเข้าใจ วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ที่ขึ้น อยู่กับปริมาณของมวลเริ่มต้น ของดาวฤกษ์เท่านั้น	1) ประเมินการพลังงานจาก ดวงอาทิตย์ 2) แลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ภายใน ดวงอาทิตย์ 3) จำแนกความแตกต่างระหว่าง ปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยา นิวเคลียร์ (ใบงาน)

การศึกษาสเปกตรัมจากหลอดไฟฟ้าที่เป็นหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ รวมถึงสเปกตรัมของแสงที่เกิดจากหลอด ก๊าสเลอร์ (ฮีเลียม นีออน ไฮโดรเจน) โดยใช้สเปกโตรสโคปจาก หลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดลองทำให้พบว่า หลอดไส้ให้ความร้อนมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ กลุ่มตัวอย่างสามารถทำความเข้าใจกระบวนการทางกายภาพที่แตกต่างกัน การแผ่รังสี ความร้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงนอกจากนั้นแล้ว กลุ่มตัวอย่างยังได้ใช้สเปกโตรสโคปในการศึกษาสเปกตรัมของแสง

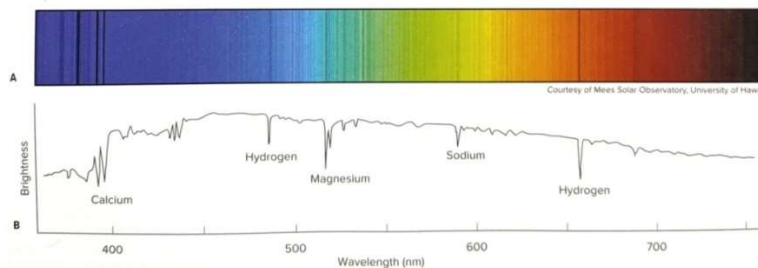
จากหลอดก๊าสเลอร์ 3 หลอด คือ หลอดก๊าสเลอร์ที่บรรจุก๊าซไฮโดรเจน นีออน ฮีเลียม ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า สเปกตรัมของแสงจะขึ้นอยู่กับ ธาตุทางเคมีที่อยู่ในกระบวนการแผ่รังสีของดาวฤกษ์ และดังนั้น ปฏิกิริยาภายในระหว่างแสงและองค์ประกอบทางเคมีอาจส่งผลต่อ สเปกตรัมดั้งเดิม (กระบวนการดูดกลืน)

จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงใช้สเปกโตรสโคปส่องดูสเปกตรัม ของดวงอาทิตย์ (ห้ามส่องหรือห้ามมองดูดวงอาทิตย์โดยตรง) โดย ให้หันช่องแคบสเปกโตรสโคปไปยังสิ่งที่สะท้อนแสงอาทิตย์ เช่น

กลุ่มเมฆสีขาว สังเกตลักษณะสเปกตรัม และเปรียบเทียบกับลักษณะสเปกตรัมมาตรฐานของดวงอาทิตย์ ที่เป็นสเปกตรัมแบบต่อเนื่องเนื่องมาจากกระบวนการแผ่รังสีความร้อนภายใน ดังภาพที่ 3 จากความคล้ายคลึงกันกับสเปกตรัมของหลอดไส้ จึงทำให้กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้และสามารถทำความเข้าใจได้ว่า ปริมาณทางกายภาพหลักที่สามารถกำหนดได้จากสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ คือ อุณหภูมิผิว ณ จุดนี้ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในการวิเคราะห์แสงจากดวงอาทิตย์ และหาอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์ โดยการใช้ฟริชอฟท์แวร์และการหาอายุของดวงอาทิตย์ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันการแผ่รังสีวัตถุดำของพลังค์ (Plank's blackbody

radiation function) ที่ผลของอุณหภูมิผิวของดวงอาทิตย์อยู่ที่ประมาณ 5,900 เคลวิน

ท้ายที่สุดแล้วในระย่นักกลุ่มตัวอย่างจะทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ที่แสดงถึง สเปกตรัมเส้นดูดกลืน (Absorption line spectrum) หลายเส้นที่เกี่ยวข้องกับธาตุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์ โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถทำความเข้าใจได้ว่า สเปกตรัมที่วัดได้ในอวกาศที่ปรากฏเส้นดูดกลืนเนื่องจากธาตุ เช่น ไฮโดรเจนที่อยู่ในชั้นโฟโตสเฟียร์ของดวงอาทิตย์ หรือดาวฤกษ์



ภาพที่ 3 (บน) สเปกตรัมแบบเส้นมีดของดวงอาทิตย์ (ล่าง) กราฟแสดงสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ที่ระบุเส้นดูดกลืนของสเปกตรัมหลายเส้นที่เกี่ยวข้องกับธาตุในบรรยากาศของดวงอาทิตย์ ที่เป็นสาเหตุการดูดกลืน
ที่มา: (Bardar et al., 2007)

ระยะที่ 3 สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน (2 ชั่วโมง)

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในเบื้องต้นให้เข้าใจเกี่ยวกับสมมาตรทรงกลมของแรงโน้มถ่วงที่กำหนดรูปร่างของดาวฤกษ์ให้เป็นทรงกลม ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจได้ว่าเหตุใดดาวฤกษ์ไม่เกิดการยุบตัว นอกจากนั้นแล้วกลุ่มตัวอย่างยังได้ดูวิดีโอของจุดบนดวงอาทิตย์ (Sunspot) ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรของดวงอาทิตย์ ทำให้สามารถทำความเข้าใจการหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ (ดาวฤกษ์) ในกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรม Tracker เพื่อวัดความเร็วการหมุนของดวงอาทิตย์ ในกระบวนการนี้กลุ่มตัวอย่างได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กฎของนิวตันเพื่อคำนวณหาความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงอาทิตย์ รวมถึงการอนุมานถึงแรงอื่น ๆ ที่อาจมีขึ้นที่จะต้องทำให้เกิดสมดุลแรงโน้มถ่วงเป็นหลัก

ระยะที่ 4 สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน (2 ชั่วโมง)

ในขั้นตอนนี้กลุ่มตัวอย่างจะได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กลไกภายในดาวฤกษ์ ที่อธิบายแรงดัน (Pressure force) สร้างอุณหพลศาสตร์สัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน (Pressure) และอุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กลไกภายในดาวฤกษ์ จากมุมมองทางพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีสมมติฐานที่ว่า กระบวนการใดที่ทำให้ดวงอาทิตย์แผ่พลังงานจากเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน กระบวนการเผาไหม้หรือปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน

(Nuclear fusion) จะถูกนำเสนอเป็นอันดับแรก และกลุ่มตัวอย่างอาจประมาณการพลังงานที่เป็นไปได้จากการเผาไหม้ไฮโดรเจน (H) ที่เทียบเท่าดวงอาทิตย์ และสามารถเรียนรู้พลังงานแสงอาทิตย์ที่แท้จริง แล้วทำการประมาณการว่าดวงอาทิตย์จะมีชีวิตอยู่ได้นานแค่ไหน การปล่อยพลังงานจำนวนนี้ออกมาที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ไฮโดรเจน ผลการคำนวณอยู่ที่ประมาณ 23,000 ปี ที่พบว่าเป็นค่าที่น้อยมาก ๆ สำหรับอายุของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยา $H \rightarrow He^4$ เพื่อเรียนรู้กระบวนการปฏิกิริยานิวเคลียร์ของดาวฤกษ์ ที่ผลิตโฟตอนและพลังงานความร้อน ซึ่งสร้างแรงดันที่ต้านแรงโน้มถ่วงโดยสมดุลทางกลและทางความร้อนยังคงสภาพอยู่ จนกว่ากระบวนการของปฏิกิริยานิวเคลียร์จะมีประสิทธิภาพมากพอที่จะต้าน (Contrast) ผลกระทบจากแรงโน้มถ่วง

ผลการประเมินประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้

โมดูลนี้นำร่องด้วยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสิ้น 100 คน ซึ่งผ่านการดำเนินการกิจกรรมตามตารางที่ 1 จำนวน 10 ชั่วโมง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมดูลเกี่ยวกับความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับดาวฤกษ์ จึงใช้แบบประเมินแบบปรนัย 10 ข้อ ที่พัฒนาจากเครื่องมือ 2 ชนิด และแนวคิดหลัก (Bardar et al, 2007) (Bailey et al., 2012) โดยแบบประเมินจะถูกแจกจ่ายให้กลุ่มเป้าหมายวิจัย



ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หากตอบถูกต้องจะมีผลเป็น 1 คะแนน ตารางที่ 2 แสดงคำถามของแบบสอบถามที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักของโมดูล เมื่อนำผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ ทำให้ได้ผลการเปรียบเทียบของกลุ่มตัวอย่าง ผลวิจัยที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์

ค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test ของกลุ่มตัวอย่างคือ 3.77 คะแนน (S.D = 1.869) และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test คือ 9.63 คะแนน (S.D = 0.720) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ได้อย่างชัดเจน โดยค่าความแตกต่างทางสถิติมีค่า (Mean = -5.860, Std. Deviation = 1.842, Std Error Mean = 0.184, t = -31.807, df = 99)

ตารางที่ 2 รายละเอียดคำถามแต่ละข้อที่สอดคล้องกับแนวคิดหลักของโมดูลดาวฤกษ์

ข้อ	คำถาม	แนวคิดหลัก
1	ดาวฤกษ์ คืออะไร?	สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน
2	ดาวฤกษ์เกิดขึ้นได้อย่างไร?	สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน
3	กระบวนการภายในที่เป็นหลักของดาวฤกษ์คืออะไร	พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน
4	แรงที่เกี่ยวข้องในกระบวนการการก่อตัวของดาวฤกษ์ คืออะไร	สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน
5	รูปทรงของดาว คืออะไร?	สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน
6	อุณหภูมิที่แกนของดาวฤกษ์ ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง?	พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน
7	จากภาพจงระบุว่า ภาพใด ที่แสดงกระบวนการการเกิดเส้นสเปกตรัมแบบดูดกลืน	การวิเคราะห์สเปกตรัม
8	ดาวที่เย็นที่สุด แผ่พลังงานในช่วงคลื่นใด	การวิเคราะห์สเปกตรัม
9	มีอะไรเกิดขึ้นในช่วงระหว่างการเกิดวิวัฒนาการของดาว	พลังงานและปฏิกิริยาพลังงาน
10	จากภาพวัตถุชนิดใดมีอุณหภูมิสูงสุด	การวิเคราะห์สเปกตรัม

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์และหลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์

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



ตารางที่ 3 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	คะแนน Pre-test	คะแนน Post-test	ตัวอย่างที่	คะแนน Pre-test	คะแนน Post-test
31	2	10	66	5	9
32	2	10	67	1	10
33	8	10	68	2	10
34	3	10	69	5	8
35	8	10	70	5	10
36	6	8	71	3	10
37	3	9	72	2	10
38	1	10	73	4	10
39	3	10	74	2	10
40	3	10	75	6	10
41	1	10	76	4	9
42	6	10	77	3	10
43	4	10	78	5	10
44	2	9	79	1	10
45	3	10	80	5	10
46	7	10	81	4	9
47	5	10	82	2	10
48	3	10	83	2	9
49	3	10	84	4	8
50	8	10	85	3	7
51	6	10	86	2	10
52	7	10	87	4	10
53	5	10	88	2	7
54	2	10	89	2	8
55	3	9	90	1	10
56	2	10	91	2	8
57	8	10	92	2	10
58	3	10	93	4	10
59	2	10	94	5	10
60	1	10	95	4	10
61	4	9	96	4	10
62	3	7	97	1	10
63	3	10	98	2	9
64	6	10	99	5	10
65	48	10	100	4	9



สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในอัตราร้อยละ 100 โดยสามารถสรุปผลการวิจัยตามรายละเอียด ดังนี้

1. สามารถพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา โดยการศึกษาวิจัย/ทดลอง โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ สร้างแนวคิดหลักของโมดูลการเรียนรู้ และกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ในระดับโรงเรียนที่สามารถสร้างองค์ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับดาวฤกษ์ได้อย่างแม่นยำ

2. ได้โมดูลการเรียนรู้มาตรฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ในรูปแบบกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4 ระยะ

3. วัดประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้ จากการประเมินผล การเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน พบว่า มีผลการเรียนรู้หลังการใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ที่เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 100 และผลจากการเปรียบเทียบการทำแบบทดสอบก่อนและหลัง การใช้โมดูลการเรียนรู้ Pre-test Post-test ของครูผู้สอนรายวิชา วิทยาศาสตร์ และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนน Pre-test มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 คะแนน และ 3.6 คะแนน ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของคะแนน Post-test มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 9.7 คะแนน และ 9.6 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของคะแนน จากแบบทดสอบ Post-test จะสูงกว่า การทำแบบทดสอบ Pre-test ทุกกลุ่มตัวอย่าง ทำให้พบว่าเมื่อได้

แนวคิดหลักของเนื้อหา แล้วนำมาสร้างโมดูลการเรียนรู้ แล้วนำโมดูลการเรียนรู้มาพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับดาวฤกษ์ให้แก่กลุ่มเป้าหมาย พบได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีผลการเรียนรู้และองค์ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับดาวฤกษ์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์เป็นโมดูลที่มีประสิทธิภาพที่จะสามารถนำไปพัฒนาการเรียนรู้ โครงสร้างและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

การสร้างแนวคิดหลักในเนื้อหาที่มีความสำคัญ แล้วนำมาสร้างโมดูลการเรียนรู้ โดยผ่านกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อนำมาพัฒนาองค์ความรู้ให้แก่กลุ่มตัวอย่าง ทำให้เกิดองค์ความรู้ที่แท้จริง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้นได้ สอดคล้องกับผลการดำเนินการวิจัยของ Collantonio และคนอื่น ๆ (Collantonio et al., 2017) แต่พบว่าการวิจัยในลักษณะนี้ยังมีค่อนข้างจำกัด เนื่องด้วยในกระบวนการสร้างแนวคิดหลัก ต้องผ่านการกลั่นกรองอย่างถี่ถ้วนและรอบคอบจากผู้ทรงความรู้ด้านนั้น ๆ แล้วต้องผ่านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการทดสอบ ทดลองอย่างแม่นยำ ก่อนที่จะนำมาสร้างเป็นโมดูลการเรียนรู้ ทำให้ต้องมีความละเอียด รอบคอบ และใช้เวลาในการดำเนินการ

ในมิติรายละเอียดค่าเฉลี่ยของคะแนน Pre-test และ Post-test ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ได้อย่างชัดเจน ทำให้พบว่า ค่าเฉลี่ยของการตอบคำถามที่ถูกต้อง Pre-test และ Post-test ของกลุ่มเป้าหมายสำหรับแต่ละแนวคิดหลัก แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ถูกต้องที่เชื่อมโยงกับแนวคิดหลักของกลุ่มตัวอย่างและการศึกษาเปรียบเทียบ

แนวคิดหลัก	ผลการวิจัยปัจจุบัน		Colantonio และคนอื่น ๆ (Colantonio et al., 2017)	
	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)
สมดุลทางกลและสมดุลความร้อน	42	96	14	40
พลังงานและปฏิกิริยานิวเคลียร์	28	97	25	66
การวิเคราะห์สเปกตรัม	23	96	14	56

ดังนั้นจึงทำให้เห็นรายละเอียดได้อย่างชัดเจนของประสิทธิภาพของโมดูลดาวฤกษ์ที่สามารถพัฒนาผลการเรียนรู้และความรู้ของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพจากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 100 คน เมื่อเข้าสู่กระบวนการพัฒนาผลการเรียนรู้โมดูลดาวฤกษ์แล้ว ทำให้สามารถวัดผลการเรียนรู้จากคะแนน

10 คะแนน พบว่า กลุ่มเป้าหมายสามารถทำคะแนนได้เต็ม 10 คะแนน จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และกลุ่มตัวอย่างที่มีมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับตั้งแต่ 70% ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 โปรดดูตารางที่ 3 ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Collantonio และคนอื่น ๆ (Collantonio et al., 2017) ดังตารางที่ 4 แต่ผลลัพธ์



การเรียนรู้ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด เนื่องด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เลือกในการทำการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ผู้ที่มีพื้นฐานความรู้ทางดาราศาสตร์มาแล้ว คือ ครูผู้สอนรายวิชาดาราศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการศึกษารายวิชา ดาราศาสตร์และอวกาศ ดาราศาสตร์ 1 ปฏิบัติการดาราศาสตร์ รายวิชาใดวิชาหนึ่งมาแล้ว ส่วนงานวิจัยของ Collantonio และคนอื่น ๆ นั้น ทำการทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีอายุระหว่าง 17-18 ปี จำนวน 59 คน ดังนั้นด้วยประสบการณ์การเรียนรู้และความรู้พื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง จึงอาจทำให้ร้อยละผลลัพธ์การเรียนรู้ มีผลออกมาแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยมีผลลัพธ์ที่เหมือนกัน คือ โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์สามารถทำให้กลุ่มเป้าหมายมีผลลัพธ์การเรียนรู้ดีขึ้น และโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์มีประสิทธิภาพที่สามารถพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างได้อย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์
นำโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ พัฒนาเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนปกติสำหรับเนื้อหาในรายวิชาดาราศาสตร์และอวกาศ ดาราศาสตร์ 1 หรือ ปฏิบัติการดาราศาสตร์ โดยเฉพาะในเนื้อหา ดาวฤกษ์ วิวัฒนาการของดาว เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่ถูกต้อง สำหรับผู้ที่เข้าสู่วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขความยากลำบากในการทำความเข้าใจดาวฤกษ์ของนักเรียนได้อย่างยั่งยืนต่อไป

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไป
ควรนำโมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์ที่ได้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แล้วนำผลการวิจัยมาศึกษาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่ผ่านมา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

- โชติ เนืองนันท์. (2564). ดาราศาสตร์และอวกาศ. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจันทบุรีตราด. [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.sesact.go.th/index.php/tl5254kz5570wm/>. 2566.
- Agan L. (2004). **Stellar ideas: Exploring students' understanding of stars.** Astron. Edu.Rev. 377-79.
- astro.phys.sc.chula.ac.th. Main sequence. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://astro.phys.sc.chula.ac.th/IHY/Stars/Main_sequence.htm. 2567.
- 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, et al. (2012). **Development and validation of the star properties concept inventory** Int. J. Sci. Edu. 34 2257-86.
- Bardar E. M., et al. (2007). **Development and validation of the light and spectroscopy concept inventory** Astron. Educ. Rev. 5103-13.
- Colantonio A, et al. (2017). **A teaching module about stellar structure and evolution.** Phys. Edu. 52, 1-13.
- Finegold M. and Pundak D. (1990). **Students' conceptual frameworks in astronomy.** Aust. Sci. Teach. J. 36 76-83.
- Koul L. (1984). **Methodology of Education Research.** New Delhi: Vani Education Book.
- Kutner M. L. (2003). **Astronomy a physical perspective.** 2nd ed. Cambridge University press. 155-208.
- Moche D.L. (2015). **Astronomy a self-teaching guide.** 8th ed. John Wiley & Son, Inc, 121-142.
- Yamane T. (1970). **Statistic: An Introductory Analysis.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.