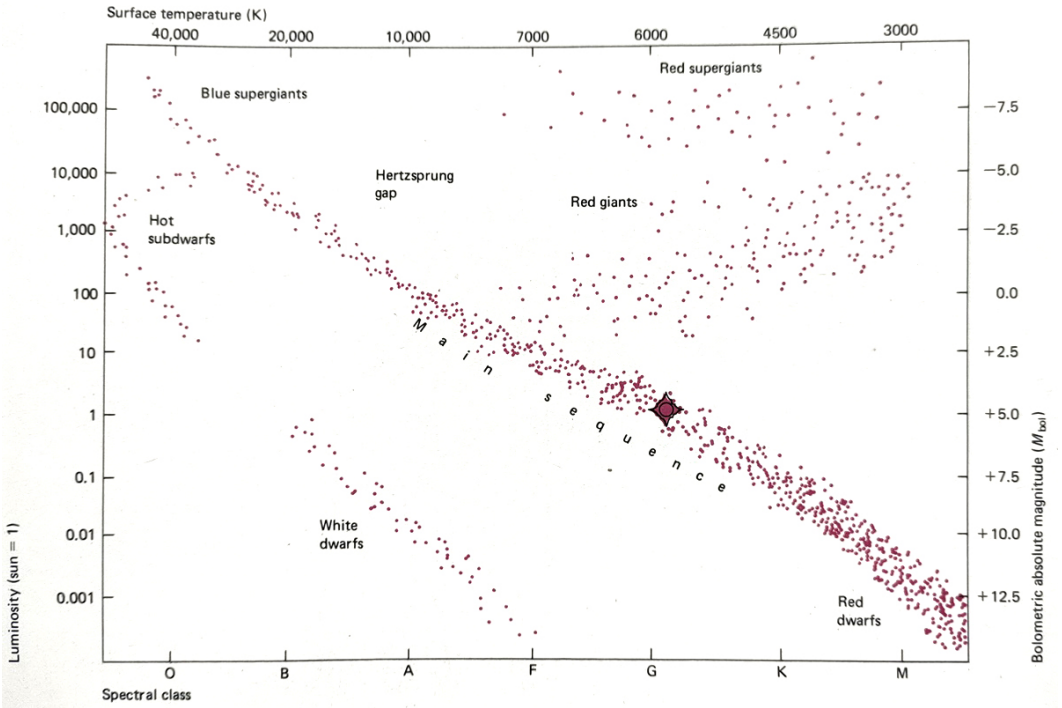
บทที่ 2
แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับดาวฤกษ์

ดาวฤกษ์ เป็นวัตถุท้องฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ที่ประกอบด้วยก๊าซเป็นส่วนใหญ่ เป็นไฮโดรเจนและฮีเลียม ที่แรงดันของก๊าซสมดุลแรงโน้มถ่วง การหมุนเป็นผลพวงมาจากการอนุรักษ์ของโมเมนตัมเชิงมุม ที่ได้มาระหว่างการหดตัว ยุบตัว ของเนบิวลาที่เป็นกระบวนการเริ่มต้นการเกิดของดาว (โชติ เนืองนันท์, 2564: 183-184)

รูปร่างสามารถสมมติได้ว่าเป็นทรงกลม เนื่องด้วยแรงโน้มถ่วงเป็นแรงศูนย์กลาง แม้ว่ารูปร่างจะมีขนาดใกล้เคียงกันแต่ดาวแต่ละดวงก็สามารถแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของมวล รัศมี อุณหภูมิผิว (ในทางดาราศาสตร์ คือ สี) อายุ และองค์ประกอบทางเคมีที่มีน้ำหนักมวล (Atomic weight) มากกว่าฮีเลียม (ทางดาราศาสตร์ใช้คำว่าธาตุหนัก (Metal)) การรวมกันของปริมาณเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ (Stellar evolution) และโดยปกติจะนำเสนอโดยแผนภาพเฮช-อาร์ (H-R diagram) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนภาพเฮช-อาร์ แสดงการกระจายของดาว
ที่มา: (Berman & Evan, 1983: 307)

2.2 รูปแบบกลไกและสมดุลความร้อนของดาว

สมมติให้ดาวฤกษ์มีรูปทรงเป็นทรงกลม (Spherical) องค์ประกอบของมวล สามารถแสดงได้เป็น

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

สมการนี้เรียกว่า สมการโครงสร้างพื้นฐานการอนุรักษ์มวล (The conservation of mass) เนื่องจากดาวมาตรฐาน (Standard star) ไม่เปลี่ยนรัศมีเฉลี่ย ซึ่งสามารถสมมติได้ว่า องค์ประกอบ dm อยู่ในภาวะสมดุล ดังนั้นแรงดันภายใน แรงดันภายนอก และแรงโน้มถ่วง จึงมีความสมดุล จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เมื่อพิจารณาที่มวล dm 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 (Second structure equation)

2.2 การแผ่รังสีของดาว

ดาวฤกษ์เป็นเทหวัตถุท้องฟ้าที่สร้างแสง โดยแสงที่ปลดปล่อยออกมาจะถูกผลิตในชั้นที่เรียกว่าโฟโตสเฟียร์ (Photosphere) ในการวิเคราะห์แสงที่ปลดปล่อยออกมาจากดาวฤกษ์นั้นสามารถแสดงออกมาโดยสเปกตรัมของดาว (Stars' spectra) (โชติ เนืองนันท์, 2564: 172-173) ซึ่งสามารถอธิบายได้โดย สมการการกระจายเรเดียนของพลังค์ (The Plank distribution of radiance) 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 (The superficial temperature of the emitting body)

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ $6.626\times10^{-34} J.s$

k คือ ค่าคงที่โบล์ทซมานน์ 1.380649×10^{-23} J·K^{-1}

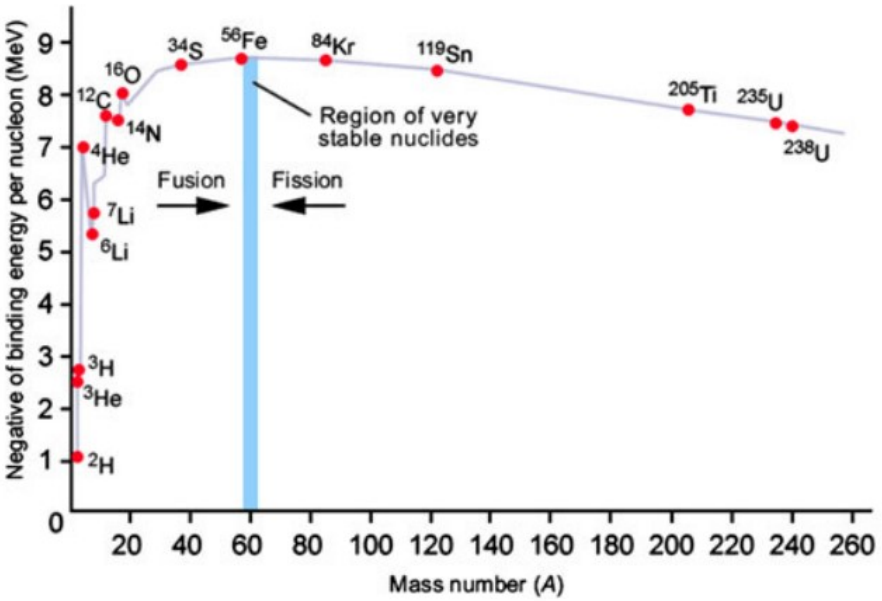
c คือ ความเร็วของแสง $3\times10^8 m/s$

จากรายละเอียดนี้ สามารถอนุมานได้ว่า การปลดปล่อยแสงดาว เกิดจาก กลไกการปลดปล่อยความร้อน (Thermal emission mechanism) โดยเฉพาะจากกฎของวีน (Wein's law) โดยสามารถสังเกตจากอุณหภูมิผิวของดาว สเปกตรัมของดวงอาทิตย์ เป็นไปตามการกระจายของ

วัตถุดำ (Black body distribution) ด้วยอุณหภูมิ 5777 เคลวิน การวิเคราะห์สเปกตรัมยังทำให้ทราบถึงข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีชั้นนอกของดาว (Outer layer of the star) ผ่านสเปกตรัมดูดกลืนและปลดปล่อยของดาว

2.4 การผลิตพลังงานภายในดาวฤกษ์

จากเงื่อนไขสภาพสมดุลของดาว หมายความว่า ความดันและอุณหภูมิ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้ง 2 สิ่งนั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กลไกทางกายภาพที่รับประกันกรณีดังกล่าว คือ การผลิตพลังงานในแกนกลาง (Core) เนื่องมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุและมวลของ ดาวฤกษ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันจากไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม ที่เป็นส่วนสำคัญของวัฏจักรชีวิตของดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง การคำนวณพลังงานทั้งหมดที่ผลิตจากปฏิกิริยานิวเคลียร์แสดงดังภาพที่ 2 จากภาพแสดงพลังงานยึดเหนี่ยวที่เป็นฟังก์ชันของมวลอะตอม (Atomic mass) จากกราฟนี้สามารถสรุปผลได้ 2 ประการคือ ประการที่หนึ่ง พลังงานส่งมาจากฟิวชันของ $H \rightarrow He^4$ นั้น มากกว่าพลังงานที่ส่งมาจากปฏิกิริยาฟิวชันของโลหะ (Metal) ดังนั้นเวลาที่ใช้ในปฏิกิริยานี้ จึงมากกว่า เวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาที่สร้างโลหะ ด้วยเหตุนี้เมื่อสังเกตดาวฤกษ์ ปฏิกิริยา $H \rightarrow He^4$ จึงเป็นส่วนหลัก โดยหลักฐานนี้จึงพิสูจน์ให้เห็นว่าดาวในแถบกระบวนหลักของแผนภาพเฮช-อาร์ มีความหนาแน่นสูงกว่า ประการที่สอง หลังจากผลิตเหล็ก(Fe) ปฏิกิริยาจะไม่มีอีกต่อไป และสภาพสมดุลของดาวก็จะไม่มีอีกต่อไปซึ่งกระบวนการต่อไปคือการยกเลิกชีวิตของดาวฤกษ์ไปในที่สุด (โชติ เนืองนันท์, 2564: 186-187)



ภาพที่ 2.2 พลังงานยึดเหนี่ยวต่อนิวคลิออน (Binding energy per nucleon)

ที่มา : (Alinka & Pierre, 2012: 5)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เลซเซีย และคนอื่นๆ (Leccia et al, 2015: 667-668) ได้อธิบายถึงโมดูลที่กล่าวถึงแนวคิดทางเลือกของนักเรียนเกี่ยวกับความถี่และการแพร่กระจายของคลื่นกล โดยใช้เสียงจากดวงอาทิตย์เป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้ ความสำเร็จของโมดูลการเรียนรู้เกิดขึ้นในหมู่ครูโรงเรียนมัธยมและนักเรียนซึ่งได้นำไปพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ขยายต่อไป 3-4 ชั่วโมง เกี่ยวกับดาว เนื่องจากเป็นความรู้พื้นฐานของจักรวาล

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้มีความพยายามมุ่งเน้นความเข้าใจเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ของทรงกลมท้องฟ้า (Celestial motion) การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล (Season) และดวงจันทร์ในลักษณะต่าง ๆ (Moon phase) (Barnet and Morran, 2002: 859-879, (Plummer and Maynard, 2014: 902-929), (Plummer et al 2015: 1381-1401), (Testa et al, 2015: 179-188) โดยยังไม่มีการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับดาวฤกษ์ โดยการใช้งานวิจัยเป็นฐาน (Research-based) สอนและเรียนรู้ (Teaching-learning) เกี่ยวกับดาวฤกษ์

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนในเนื้อหาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับดาวฤกษ์มีค่อนข้างจำกัด (Bailey et al, 2012: 2257) โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ (Finegold and Pundak, 1990: 76-83) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างดาวฤกษ์และดาวเคราะห์ได้ และนักเรียนมักจะคิดว่า กาแลกซีทางช้างเผือกประกอบด้วยดาวฤกษ์ที่อยู่ใกล้กัน ในกรณีอื่น ๆ นักเรียนบางคนยังคิดว่า ยิ่งรัศมีของดาวมากขึ้นเท่าไหร่ มวลของดาวก็ยิ่งมากขึ้นด้วย จึงเป็นเหตุให้นักเรียนมักไม่มี ความสนใจในกลไกที่อยู่เบื้องหลังวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนยังมีความสับสนในการหาระยะทางระหว่างดาวและโลก และยังมีความเข้าใจว่า ดาวฤกษ์ไม่ใช่วัตถุท้องฟ้าที่เคลื่อนที่ตลอดเวลา

ผลการศึกษาวิจัยของอแกน (Agan, 2004: 77) พบว่า ดาวฤกษ์เป็นวัตถุที่เผาไหม้ (Burning object) ที่ซึ่งจะปล่อยปฏิกิริยาเคมีและการเผาไหม้ด้วยปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพภายในดาวฤกษ์ ขยาย (Expansion) ยุบตัว (Compression) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature variation) นอกจากนี้นักเรียนยังคิดว่าดาวฤกษ์ยังปลดปล่อยแสงสีเดียว (Monochromatic light) และตีความหมายของแผนภาพเฮซ-อาร์ (H-R diagram) ว่าเป็นวิถีหรือตำแหน่งที่เทียบกับเวลา โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายรูปแบบของดาวและการทำงานอย่างละเอียดได้

นอกจากนี้งานวิจัยของไบเลย์ (Bailey, 2006: 12-13) ยังแสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่สามารถอธิบายบทบาทของแรงโน้มถ่วงได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก็คือ แรงศูนย์กลาง (Central force) ในกระบวนการก่อตัวของดาวฤกษ์ (The star formation process) เช่นเดียวกับมีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่ตระหนักถึงบทบาทของอุณหภูมิสำหรับกระบวนการภายในของดาวฤกษ์

ผลงานวิจัยของโคลันโตนีโอและคนอื่น ๆ (Colantonio et al., 2017: 13) ได้ศึกษาโมดูลการสอนเกี่ยวกับโครงสร้างและวิวัฒนาการของดาว โดยการใช้โมดูลการเรียนรู้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 59 คน โดยพบว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากใช้โมดูลดาวฤกษ์ในระดับ 70% ขึ้นไปนั้นมีประมาณ 15 คน และผลลัพธ์การเรียนรู้เฉลี่ยของกลุ่มเป้าหมายก่อนและหลังจากใช้โมดูลการเรียนรู้ดาวฤกษ์คือ 17.6% และ 54% ตามลำดับ

ดังนั้นในกระบวนการวิจัยและพัฒนานั้น ผู้วิจัยได้ตระหนักดีว่า ดาวฤกษ์สามารถเป็นบริบทที่สร้างแรงจูงใจพิเศษเพื่อศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ หากว่าผู้ที่จัดการเรียนการสอนมีองค์ความรู้ที่ชัดเจนและมีเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนเป็นมาตรฐาน โดยบริบทที่สามารถสร้างแรงจูงใจพิเศษเพื่อศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ เช่น พลังงาน สภาพสมดุล หรือ คุณสมบัติของสสาร ด้วยเหตุนี้จึงควรมีโมดูลการเรียนรู้เฉพาะ ที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ โดยเฉพาะที่สอนเกี่ยวกับฟังก์ชันพื้นฐาน (Basic function) และคุณสมบัติของดาวฤกษ์ที่ช่วยให้ครูสอนวิทยาศาสตร์และนักศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาการจัดการเรียนการสอน ให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับสมดุลอุทกสถิตของดาวฤกษ์ แรง (Force) ไฮโดรสแตติก (Hydrostatic) อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ปฏิกิริยานิวเคลียร์ (Nuclear reaction) การกระจายและการแผ่ของแสง (Light emission and propagation) และเมื่อครูผู้สอนวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาแล้ว จะทำให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เข้าใจว่าเนื้อหาเหล่านี้มีความเกี่ยวเนื่องกันอย่างไร นอกจากนี้การเข้าใจกระบวนการภายในของดาวฤกษ์ งานวิจัยนี้จะช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์หรือนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่จะไปสอนวิชาดาราศาสตร์ในอนาคตอันใกล้นี้ สามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ด้วยกระบวนการดังที่กล่าวมานี้จึงจะสามารถขจัดความยากลำบากในการทำความเข้าใจในเนื้อหาดาวฤกษ์ของนักเรียนได้อย่างยั่งยืนและสามารถสร้างเจตคติที่ดีในการเรียนรู้ดาราศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี