สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องทรงกลมฟ้า และปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ศศิธร โคตะบิน และพัดตาวัน นาใจแก้ว*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี 41000

*E-mail: tawannar@gmail.com; pattawan.na@udru.ac.th

รับบทความ: 20 ตุลาคม 2566 แก้ไขบทความ: 10 มกราคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 28 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 26 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในจังหวัดสกลนคร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มโดยใช้หน่วยห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนดาราศาสตร์ จำนวน 5 แผน และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเลือกตอบ เขียนตอบ และเขียนตอบพร้อมวาดภาพประกอบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และมีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบทีแบบไม่อิสระจากกัน (*t*-test for dependent samples) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.82±2.38 (คิดเป็นร้อยละ 18.49) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.88±3.27 (คิดเป็นร้อยละ 80.33) เมื่อพิจารณาสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยา-ศาสตร์ 5 ประเด็นประกอบด้วย 1) การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดขอบฟ้า 2) การระบุตำแหน่งของวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดศูนย์สูตร 3) ตำแหน่งดวงอาทิตย์วันเปลี่ยนฤดูกาล 4) ตำแหน่งกลุ่มดาวจักรราศี และ 5) เขตเวลามาตรฐานของโลก พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีสมรรถนะในระดับที่สูงขึ้นจากก่อนเรียนทั้ง 5 ประเด็น

คำสำคัญ: สมรรถนะการอธิบาย สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ทรงกลมฟ้า ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ แบบจำลองเป็นฐาน

Grade 12 Students' Scientific Explanation Competency on Celestial Sphere and Astronomical Phenomena through Model–Based Learning

Sasithon Khotabin and Pattawan Narjaikaew*

Program Study of Science, Faculty of Education, Udonthani Rajabhat University, Udonthani 41000, Thailand

*E-mail: tawannar@gmail.com; pattawan.na@udru.ac.th

Received: 20 October 2023 Revised: 10 January 2024 Accepted: 28 January 2024

Abstract

The purpose of this research was to study and compare students' scientific explanation competency on celestial sphere and astronomical phenomena before and after learning through model–based learning. The participants in the study consisted of 26 grade 12 students who were studying in the first semester of the 2023 academic year in a special large–sized secondary school under the Sakon Nakhon Secondary Educational Service Area Office. The sampling technique was cluster sampling using classroom as a sampling unit. The one–group pretest–posttest design was used to evaluate students' scientific explanation competency. The research instruments consisted of 5 lesson plans based on model–based learning and 5 astronomical events, a testing situation, which each of these situations was followed by three types of questions: simple multiple choices, explanation writing, and model drawing plus explanation writing. Frequency, mean, standard deviation, and percentage were used for data analysis, and *t*-test for dependent samples was used for hypothesis testing. The research results found that the students had scientific explanation competency after learning higher than these before learning. The average scores of the pretest and posttest were 4.82±2.38 (18.49%) and 20.88±3.27 (80.33%), respectively. In addition, considering students' competency on 5 astronomical events: 1) the location of celestial objects relative to the horizontal coordinate system, 2) the location of celestial objects relative to the equatorial coordinate system, 3) the location of the sun at a variety of times as the seasons change, 4) the location of the zodiac constellations, and 5) the world's standard time zones. It was found that students had higher levels of competency in all 5 astronomical events after learning.

Keywords: Explanation competency, Scientific explanation competency, Celestial sphere, Astronomical phenomena, Model–based learning

บทนำ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศ หากลองมองย้อนกลับไปยังประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น เกาหลี ญี่ปุ่น สิงคโปร์ แสดงให้เห็นว่าประเทศเหล่านี้ให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมากมี การสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ และยังมีการสนับสนุนงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง (National Statistical Office, 2012) เมื่อมองกลับมาที่ประเทศไทยหลายยุคหลายสมัยที่ผ่านมา ประเทศไทยประสบปัญหาพิษเศรษฐกิจบ่อยครั้ง เนื่องจากคนไทยยังขาดความรู้ความสามารถในการสร้างผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้ทันต่อตลาดโลก ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญในการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานและส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตในทุกระดับ ทั้งตัวบุคคล ในอาชีพการงานและในสังคมวัฒนธรรมของทุก ๆ ชีวิต (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2020) ทำให้บุคคลสามารถรับรู้และตัดสินประเด็นปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจ มีส่วนร่วมในสังคมระดับชุมชน ระดับประเทศ และระดับโลกอย่างเต็มภาคภูมิ เป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ให้กับนักเรียน โดยสมรรถนะที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co–operation and Development: OECD) ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และการตีความหลักฐานและข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ นอกจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบประเมินของ PISA แล้ว ใน (ร่าง) กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน หลักสูตรฐานสมรรถนะ (competency–based curriculum) ได้แบ่งสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 6 สมรรถนะ ได้แก่ อธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ประเมินและออกแบบการสืบเสาะเชิงวิทยาศาสตร์ ตีความหมายข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ แก้ปัญหา สร้างนวัตกรรม และการอยู่ร่วมกัน ใช้และเข้าใจภาษาเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้เครื่องมือในการเรียนรู้

สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการรับรู้ สร้าง ประยุกต์ใช้ และประเมินคำอธิบายและแนวทางแก้ไขปัญหาหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและทางเทคโนโลยีที่หลากหลาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม การแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลต่างกลับไปกลับมาได้ การทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้ การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ และการอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม (IPST, PISA Thailand Project, 2023) ซึ่งสมรรถนะดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International

Student Assessment: PISA) การมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์แก่ผู้เรียน PISA ได้กำหนดการประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (content knowledge) ความรู้ด้านกระบวนการ (procedural knowledge) และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (epistemic knowledge) การจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปจะยึดการประเมิน 2 ด้านแรกแต่อาจยังไม่ได้เน้นด้านที่ 3 ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่ PISA 2025 ประเมินนั้นครอบคลุมความเข้าใจในเรื่อง แบบจำลอง ข้อมูลและหลักฐานประกอบคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของการทำงานร่วมกันและการเป็นชุมชนวิทยาศาสตร์ ในการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน เป็นการมองวิทยาศาสตร์ในมุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อให้เห็นถึงความรู้ประเภทต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการมีส่วนร่วมของสมาชิกในสังคมร่วมสมัย McNeill and Krajcik (2008) กำหนดองค์ประกอบของการประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์และอธิบายข้อมูล ตลอดจนใช้หลักฐานที่ได้จากการรวบรวมความรู้ และการสังเกตหรือทดลองนำมาสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จากผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015 และ 2018 ได้คะแนน 436, 429, 421, 425, 444, 421 และ 426 คะแนนตามลำดับ จากคะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยในทุกกลุ่มโรงเรียนมีคะแนนค่อนข้างคงที่แต่ก็ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD ที่มาตรฐานคะแนน 500 คะแนน (OECD, 2018) อาจเนื่องมาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ยังคงเน้นวิธีการสอนรูปแบบบรรยายมากเกินไป ทำให้นักเรียนขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้เชิงเนื้อหาในชีวิตประจำวัน (Office of the Education Council, 2014) จากคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000–2018 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่งด้วยกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่เน้นให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้เชิงเนื้อหาในชีวิตประจำวัน ดังนั้นผู้สอนวิทยาศาสตร์จึงควรพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวให้กับนักเรียนอย่างต่อเนื่อง ถ้านักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถดำเนินชีวิตและมีส่วนร่วมในการรับรู้และตัดสินใจประเด็นปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจ

ความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์หลายประเด็นที่เป็นนามธรรมโดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศเป็นหนึ่งในเนื้อหาที่ PISA เลือกประเมินความรู้และถือเป็นอีกหนึ่งสาระที่ยากต่อการเข้าใจ (learning difficulties) ของนักเรียนและนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (alternative conceptions) ในหลายประเด็นที่ทำให้ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องได้ การสร้างแบบจำลองในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ผ่านการวาดรูป-

ภาพ แบบจำลอง 3 มิติ กราฟ สมการ หรือข้อ-ความเพื่ออธิบายหรือสื่อสารความเข้าใจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการได้มาของความรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่ง่ายขึ้น โดย-เฉพาะอย่างยิ่งวิชาดาราศาสตร์ที่มีการใช้แบบจำลองอธิบายการทำงานของท้องฟ้า มีครูจำนวนหนึ่งที่ยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับตำแหน่งดาวและกลุ่มดาว (constellations) ไม่เพียงพอที่จะนำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิ-ภาพ ซึ่งอาจนำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการท่องจำตามตำราและอาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจการเคลื่อนที่ของดวงดาวบนท้องฟ้า (Narjaikaew, 2019) การสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยา-ศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากแบบจำลองที่ใช้ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่-มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อ-เท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ครูเข้าถึงวิธีการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียน-รู้ได้ (Acher and Sanmati, 2007) รวมถึงการใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานที่จะตรวจสอบ อธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเป็นแนวทางไปสู่การวิจัยในอนาคต (Chamrat, 2012) การสร้างแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะเอื้อต่อการให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านการสร้างเป็นชิ้นงานได้สำเร็จตอบสนองความคิดและจินตนาการของผู้เรียน (Bureau of Academic Affairs and Educ-ational Standards, 2014) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model–based learning) มีกระบวนการการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนแสดงศักยภาพของความรู้ที่เป็นนามธรรมออกมาอยู่ในรูปธรรมที่สามารถจับต้องเพื่อเป็นสื่อ-กลางในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีที่ให้ผู้เรียนได้สร้างหรือปรับปรุงแบบจำลอง กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาแบบจำลองมาประกอบการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้ปรับปรุงแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ (Faikhamta and Supatchaiyawong, 2014) Schwarz *et al.* (2009) ศึกษาพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้แบบจำ-ลองที่ทำให้นักเรียนเข้าถึงธรรมชาติของแบบจำ-ลองทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยมีขั้นตอนการศึกษา 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเข้าถึงปรากฏการณ์ 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประ-จักษ์ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง 5) ขั้นประเมินแบบ จำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง และ 7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานมีการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ซับซ้อนจากแบบจำลองได้ สามารถปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองโดยใช้เหตุผลที่หลากหลายได้ สอดคล้องกับ Yacom (2020) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะ

เพิ่มสูงขึ้นหลังทำการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 วงรอบ สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Moutinho *et al.* (2017) นำแบบจำลองหลายชนิดมาใช้ในกิจกรรมการสอน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้มากขึ้น และ Ogan–Bekiroglu and Belek (2014) พบว่าคุณภาพของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นส่งผลต่อคุณภาพของการเขียนโต้แย้งของนักเรียน

จากแนวคิดดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ทรงกลมฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ และสามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร จำนวน 6 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 232 คน ตัวแปรต้นคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และตัวแปรตามคือ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหารายวิชาเพิ่มเติม วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยใช้หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง ทรงกลมฟ้า ซึ่งมีหัวข้อดังต่อไปนี้ การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าบนทรงกลมฟ้า (ระบบพิกัดขอบฟ้าและระบุพิกัดเส้นศูนย์สูตรฟ้า) เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดวงดาว (วันเปลี่ยนฤดูกาลและกลุ่มดาวจักรราศี) และเวลาสุริยคติ (เวลามาตรฐานโลก)

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาทดลองจำนวน 5 แผนการเรียนรู้ แผนละ 3 ชั่วโมง รวมเป็นเวลา 15 ชั่วโมง

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย จำนวน 8 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 18 คน ซึ่ง

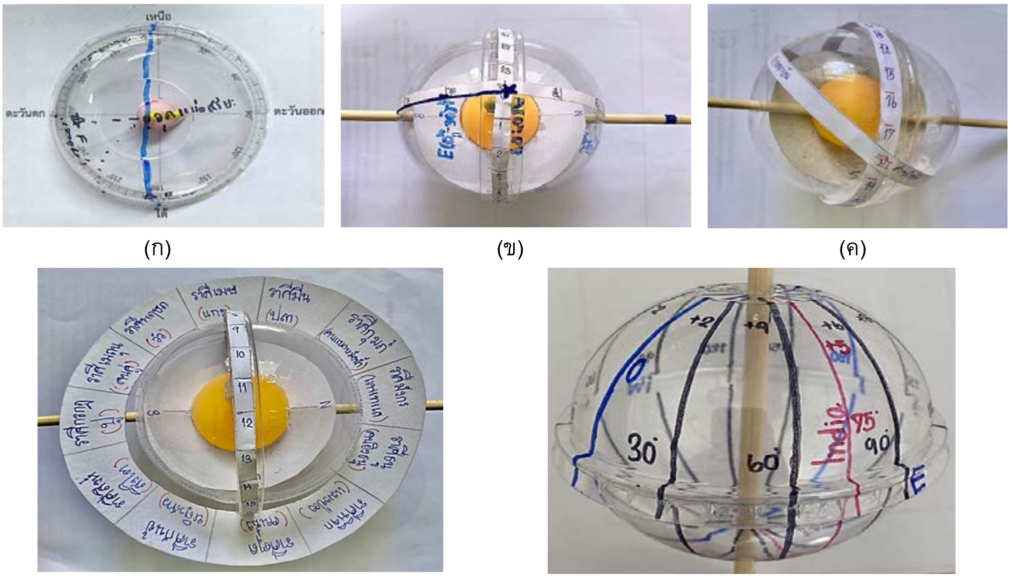
ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม

รูปแบบการวิจัย: การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบเชิงทดลองเบื้องต้น (pre–experimental design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดผลสองครั้ง คือ ทดสอบก่อนและหลังเรียน (one–group pretest–posttest design)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย: 1) *เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลอง* คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ตาราง 1) ในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้ง 5 แผนนักเรียนแต่ละกลุ่มได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ดาราศาสตร์แต่ละประเด็นตั้งแต่เริ่มสร้างแบบจำลองเบื้องต้นจนแก้ไขแบบจำลองที่ผ่านกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับจากครูผู้สอนและสมาชิกในกลุ่มและในชั้นเรียน (ตัวอย่างภาพที่ 1) โดยมีกระบวนการสอน 7 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Schwarz *et al.* (2009) ดังนี้ 1) การเข้าถึงปรากฏการณ์ (anchoring phenomena) นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐาน โดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง (construct a model) นักเรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นตามความคิดหรือข้อสมมติฐานและอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองกับเป้าหมาย 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (empirically test the model) นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อทำนายและอธิบายโดยใช้แบบจำลอง 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง (evaluate the model) นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ค้นคว้ามาด้วยการอภิปรายผลเพื่อประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในขั้นถัดไป 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (test the model against) นักเรียนนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่น หรือกฎอื่นๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (revise the model) นักเรียนแก้ไขแบบจำลองบนพื้นฐานประจักษ์พยาน และเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ และทำเป็นแบบจำลองมิติของกลุ่มหรือของคนส่วนใหญ่ และ 7) ขั้นใช้แบบจำลอง (use the model predict or explain) นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ 2) *เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล* แบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ ดาราศาสตร์ สำหรับนักเรียน

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย

แผนการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	จำนวนสถานการณ์	เวลา (ชม.)	คุณภาพเครื่องมือ
1	การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดขอบฟ้า	1	3	4.87
2	การระบุตำแหน่งวัตถุท้องฟ้าตามระบบพิกัดเส้นศูนย์สูตร	1	3	4.89
3	เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดวงดาว	1	3	4.89
4	เวลาสุริคติปานกลางและการเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก	1	3	4.91
5	การใช้ประโยชน์จากข้อมูลเวลามาตรฐาน	1	3	4.91
	รวม	5	15	4.89



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น (ก) ทรงกลมฟ้าในระบบ (ข) ทรงกลมฟ้าในระบบพิกัดศูนย์สูตรฟ้า (ค) วันเปลี่ยนฤดูกาล (ง) กลุ่มดาวจักรราศี และ (จ) เวลามาตรฐาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ลักษณะข้อสอบมีคำถามทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ เลือกตอบ เขียนตอบ และเขียนตอบและวาดภาพประกอบ โดยครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์มีทั้งหมด 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 รวมข้อ 15 ข้อ โดยข้อสอบผ่านการตรวจสอบเครื่องมือมาแล้วโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน และค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item objective congruence: IOC) เฉลี่ยเท่ากับ 1.00 และนำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาทดสอบหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ โดยให้นักเรียนที่เคยได้รับการจัดการเรียนการสอนเรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์มาแล้ว จำนวน 40 คน ในการหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะของเครื่องมือวัด คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบรายข้อ (ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน) จากสูตรการหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบข้อสอบแบบปรนัย ได้ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.46–0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.81–0.93.และ 2) แบบอัตนัย (เกณฑ์การให้คะแนน 0 1 2) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (1970) ได้ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.32–0.62 และค่าอำนาจจำแนก 0.35–0.84 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ (reliability of the test) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha coefficient) ได้ว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.96

การเก็บรวบรวมข้อมูล: ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดการเรียนการสอนในรูปแบบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง

ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตน-เองดังนี้ 1) ปฐมนิเทศและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัยและทดสอบก่อนเรียน 2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมสังเกตได้สังเกตพฤติกรรมของนัก-เรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และภาพ-รวมของการทำกิจกรรม โดยบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนาการจัดการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ในสมรรถนะการอธิบายปรากฏ-การณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ต่อไป และ 3) หลังจากจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ นักเรียนทำแบบทดสอบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล: ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการอธิบายในปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากคำ-ตอบของรายบุคคลของนักเรียนจากแบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยา-ศาสตร์ ทั้ง 3 รูปแบบ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1) เลือกตอบ มีค่าคะแนนเต็ม 1 คะแนน 2) เขียนตอบ มีค่าคะแนนเต็ม 2 คะแนน และ 3) เขียนตอบและวาดภาพประกอบ มีค่าคะแนนเต็ม 2 คะแนน คะแนนเต็ม 26 คะแนน จากนั้นนำคะแนนที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยคำถามปลายเปิด (แบบที่ 2 และ 3) ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์การประเมินสมรรถนะที่ใช้ในครั้งนี้ตามเกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008) ดังในตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินการอธิบายวิทยาศาสตร์ (general science explanation rubric)

เกณฑ์/ประเด็นประเมิน	ระดับความสามารถหรือระดับคุณภาพ		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (claim): ข้อความหรือสรุปความที่เป็นคำตอบสำหรับคำถามปัญหาที่กำหนด	ไม่มีคำกล่าวอ้าง ไม่ลงข้อสรุปหรือลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง	คำกล่าวอ้างหรือข้อ สรุปได้ถูก-ต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุคำกล่าวอ้างหรือลง ข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (evidence): ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปจะต้องเหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป	ไม่ระบุหลักฐานหรือหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ระบุไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป)	ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปอาจใช้หลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป
เหตุผล (reasoning): การตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้นเหมาะสมและเพียงพอตามหลักการทางวิทยา-ศาสตร์	ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป มีการเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่ไม่เพียง-พอ	ให้หลักฐานที่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อ-สรุปรวมถึงใช้หลักการวิทยา-ศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอ

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อสอบรูปแบบที่เป็นการเขียนอธิบาย จากนั้นจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์และนำเสนอด้วยสถิติพื้นฐานที่เป็นความถี่ว่านักเรียนที่สมรรถนะการอธิบายในปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ในระดับใด พร้อมนำเสนอตัวอย่างคำตอบแต่ละระดับ (0 1 และ 2) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย การแจกแจงแบบตารางไขว้ (crosstabs) ดังแสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนดังในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายบุคคล

คะแนน	n	สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์					
		$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	*t*	*df*	*p*
ก่อนเรียน	26	4.82	2.38	18.49	24.95	25	0.000
หลังเรียน	26	20.88	3.27	80.33			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (ตาราง 3) พบว่า คะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82±2.38 (คิดเป็นร้อยละ 18.49) และคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.88±3.27 (คิดเป็นร้อยละ 80.33) เมื่อทดสอบสมมติฐานโดยการทดสอบทีแบบไม่อิสระจากกัน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$)

ผลการศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 3 ระดับ ได้แก่ 0 1 และ 2 ตามเกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) โดยแต่ละข้อผู้วิจัยพิจารณาค่าความถี่ของนักเรียนที่มีสมรรถนะการอธิบายระดับต่าง ๆ แล้วพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายระหว่างก่อนเรียนด้วยการวิเคราะห์ การแจกแจงตารางไขว้ และแปลผลการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ว่ามีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายเชิงบวก (จาก 0 เป็น 1 หรือ จาก 1 เป็น 2) หรือมีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายเชิงลบ (จาก 1 เป็น 0 หรือ จาก 2 เป็น 1) หรือไม่

มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าระดับสมรรถนะการอธิบายอยู่ที่ระดับเดิม (จาก 0 เป็น 0 หรือ จาก 1 เป็น 1 หรือ จาก 2 เป็น 2) ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ จากคำตอบของนักเรียน โดยพิจารณาคำตอบของนักเรียนจาก 5 สถานการณ์ปัญหาเรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ โดยแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามย่อย 3 คำถาม ซึ่งผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

ในแต่ละวันคนเราจะเห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นจากขอบฟ้าทางทิศตะวันออก โดยตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะสูงขึ้นจากขอบฟ้าไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาเที่ยงวันดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่อยู่ตำแหน่งสูงสุดซึ่งถ้าสังเกตตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในเวลาเที่ยงวันพบว่าดวงอาทิตย์อยู่บริเวณเหนือศีรษะของเราพอดี หลังจากเที่ยงวันตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะค่อย ๆ เคลื่อนที่ต่ำลงเรื่อย ๆ จนดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่สังเกตเห็นจะมีลักษณะเดิมในทุกวัน

สมรรถนะการอธิบายสาเหตุที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในลักษณะเดิมทุกวัน ซึ่งมีคำถามย่อยดังนี้

ข้อที่ 1.1 ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลในการอธิบายสาเหตุที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ในลักษณะเดิมทุกวัน โดยอ้างอิงกับลักษณะการเคลื่อนที่ของโลกที่เราอยู่อาศัยว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวทำให้เราสังเกตเห็นการเปลี่ยนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละวันเป็นเช่นนั้น นักเรียนสามารถวาดภาพประกอบการอธิบายพร้อมข้อความได้

ข้อที่ 1.2 จากข้อมูล เรื่อง การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ให้เลือกจากรายการตามที่แสดงเพื่อตอบคำถาม

คำถาม	คำตอบ	
	ใช่	ไม่ใช่
1. การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่สังเกตได้ในแต่ละวันมีลักษณะเป็นครึ่งทรงกลม ดังนั้นการที่สังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้น–ตกแบบเดิมทุกวันเกิดจากโลกหมุนรอบตัวเองเท่านั้น		
2. ตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับเวลาและตำแหน่งในการสังเกต ดังนั้นขณะที่สังเกตตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและตำแหน่งของผู้สังเกต		

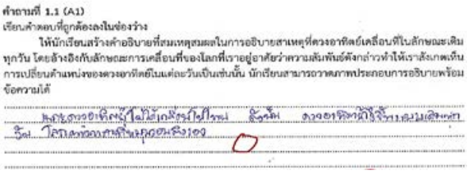
ข้อที่ 1.3 วาดภาพจำลองสองมิติเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยในภาพจำลองต้องประกอบด้วย 1) เส้นวงกลมที่แสดงเส้นขอบฟ้า 2) ผู้สังเกตที่ยืนอยู่กลางวงกลมเส้นขอบฟ้า 3) เส้นวงกลมที่แสดงวงกลมฟ้า 4) จุดประธานหรือจุดทิศทั้ง 4 พร้อมระบุชื่อทิศบนวงกลมเส้นขอบฟ้า และ 5) วาดตำแหน่งดาวตามพิกัดที่กำหนดให้ (ตำแหน่งดาว A มีมุมทิศ 45 องศา มุมเงย 30 องศา)

จากสถานการณ์ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของ ดวงอาทิตย์ (ภาพที่ 3) พบว่า ทั้ง 3 ข้อ นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ข้อ ($p < 0.01$)

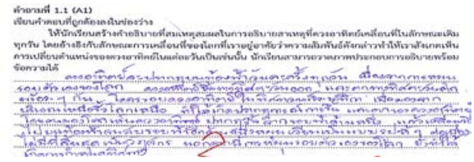
สถานการณ์ที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลกและตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์

เมื่อผู้สังเกตทำการสังเกตตำแหน่งดาวเหนือ (Polaris) ณ ละติจูด 45°N ประเทศจีน สมรรถนะการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโลกและตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีคำถามย่อยดังนี้

ข้อที่ 2.1 หากเราสังเกตดาวเหนือที่ละติจูด 20 องศาเหนือในประเทศไทย ตำแหน่งของดาวเหนือจะเป็นอย่างไรให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลในการอธิบายสาเหตุ

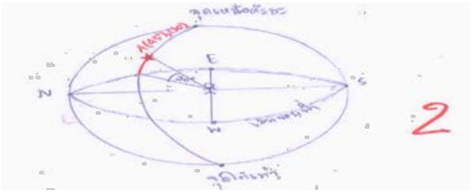


(ก)



(ข)

(ค)



(ง)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่ 1 (ก) คำถามข้อ 1.1 คะแนน 0 (ข) คำถามข้อ 1.1 คะแนน 2 (ค) คำถามข้อ 1.3 คะแนน 0 และ (ง) คำถามข้อ 1.3 คะแนน 2

ข้อที่ 2.2 ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้อง

ก. ไม่ว่าเราอยู่ที่ไหนบนโลกเราจะยังคงเห็นตำแหน่งดาวต่าง ๆ ปรากฏ ณ ตำแหน่งเดิมเสมอ

ข. เวลาในการสังเกตเปลี่ยนแปลงไปตำแหน่งดาวต่าง ๆ ที่ปรากฏก็จะเปลี่ยนแปลงตามเวลา

ค. ถ้าผู้สังเกตอยู่คนละละติจูดจะสังเกต เห็นตำแหน่งดาวบนฟ้าไม่เหมือนกัน

ง. ตำแหน่งดาวบนฟ้าเปลี่ยนแปลงตามเวลาและตำแหน่งของผู้สังเกต

ข้อที่ 2.3 ให้นักเรียนวาดภาพพิกัดศูนย์สูตรฟ้าและระบุองค์ประกอบของส่วนต่าง ๆ ให้ครบในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) โลก 2) เส้นวงกลมฟ้า 3) จุดสำคัญ 2 จุดที่เป็นขั้วฟ้าพร้อมระบุชื่อ 4) เส้นศูนย์สูตรฟ้า 5) เส้นวงกลม 2 แนวที่ล้อม รอบทรงกลมฟ้าที่ใช้ระบุพิกัดเส้นศูนย์สูตรฟ้า และ 6) วงกลมที่แสดงเส้นสุริยวิถีที่ล้อมรอบทรงกลมฟ้า พร้อมระบุตำแหน่งของดาวบนแบบ จำลองท้องฟ้าสองมิติจากพิกัดดาวที่กำหนดให้ (ตำแหน่งดาว A มีค่าไรต์แอสเซนชัน 6 ชั่วโมง และมีค่าเดคลิเนชัน 45 องศา)

จากสถานการณ์ที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างโลกและตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์ (ภาพที่ 3) พบว่าทั้ง 3 ข้อนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ข้อ ($p < 0.01$)

สถานการณ์ที่ 3 เรื่อง วันเปลี่ยนฤดูกาล

เมื่อมองจากโลกเราจะเห็นวัตถุท้องฟ้าเคลื่อนที่จากทางตะวันออกไปตะวันตก เนื่องจากการหมุนรอบตัวเองของโลกจากทางตะวันตกไปทางตะวันออกโดยเส้นทางดังกล่าวเรียกว่าเส้นทางการขึ้นการตกของดาว หรือเส้นทางการเคลื่อนที่ปรากฏของดาว หากเราตั้งกล้องถ่ายรูปดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าที่เวลาเดิมใน 1 ปี เมื่อนำภาพตำแหน่งดวงอาทิตย์มาเรียงต่อกันเป็นภาพเดียว เราจะสังเกตเห็นเวลาในการขึ้นจากขอบฟ้าของดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือนที่ตำแหน่งต่างกัน สมรรถนะการอธิบายเส้นทางปรากฏของดวงอาทิตย์ใน 4 วันเปลี่ยนฤดูกาล ซึ่งมีคำถามย่อย ดังนี้

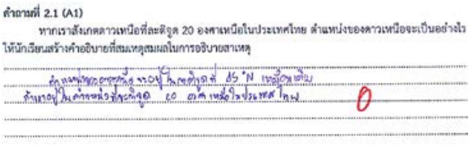
ข้อที่ 3.1 ทำไมตลอดระยะเวลา 1 ปี ในแต่ละวันตำแหน่งของดวงอาทิตย์ขึ้นและตกตรงจุดทิศตะวันออกและทิศตะวันตกที่ต่างกันเป็นวัฏจักร ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลในการอธิบายสาเหตุ

ข้อที่ 3.2 ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้องเกี่ยวกับตำแหน่งดวงอาทิตย์ขึ้นและตกในประมาณวันที่ 1 เมษายน

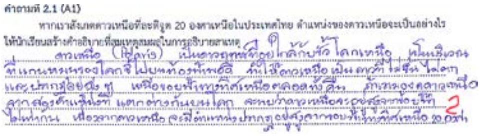
ก. เส้นทางการขึ้นและการตกของดวงอาทิตย์เฉียงไปทางเหนือมากที่สุด

ข. เส้นทางการขึ้นและการตกของดวงอาทิตย์เฉียงไปทางใต้มากที่สุด

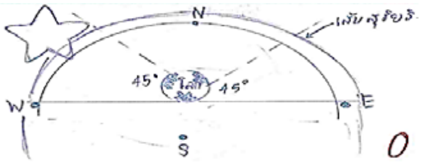
ค. เส้นทางการขึ้นและการตกของดวงอาทิตย์ขึ้นทางตะวันออกและตกทางตะวันตกแท้



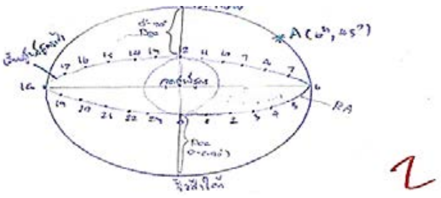
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่ 2 (ก) คำถามข้อ 2.1 คะแนน 0 (ข) คำถามข้อ 2.1 คะแนน 2 (ค) คำถามข้อ 2.3 คะแนน 0 และ (ง) คำถามข้อ 2.3 คะแนน 2

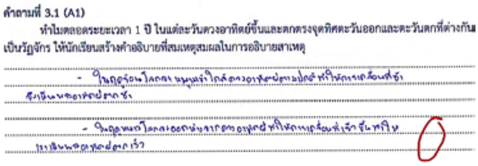
ง. เส้นทางการขึ้นและการตกของดวงอาทิตย์ขึ้นและตกเฉียงไปทางทิศเหนือ

ข้อที่ 3.3 วาดภาพจำลองสองมิติเพื่ออธิบายเส้นทางปรากฏของดวงอาทิตย์ใน 4 วันเปลี่ยน ฤดูกาลของประเทศทางซีกโลกเหนือให้ครบในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) เส้นวงกลมที่แสดงเส้นของฟ้า 2) ผู้สังเกตที่ยืนอยู่กลางวงกลมเส้นขอบฟ้า 2) วงกลมที่แสดงวงกลมฟ้า 3) จุดประธานหรือจุดทิศทั้ง 4 พร้อมระบุชื่อทิศ บนวงกลมเส้นขอบฟ้า

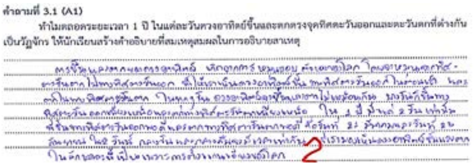
จากสถานการณ์ที่ 3 เรื่อง วันเปลี่ยนฤดูกาล (ภาพที่ 4) พบว่าทั้ง 3 ข้อนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ข้อ ($p < 0.01$)

สถานการณ์ที่ 4 เรื่อง ดาวจักรราศี

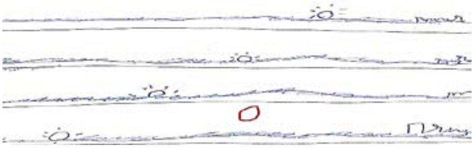
ในอดีตผู้คนโบราณต่างใช้ปรากฏการณ์



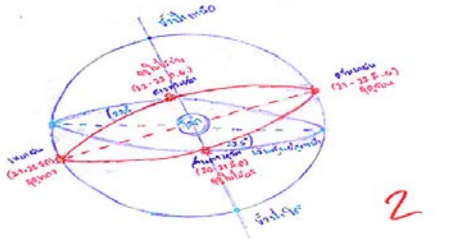
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่ 3 (ก) คำถามข้อ 3.1 คะแนน 0 (ข) คำถามข้อ 3.1 คะแนน 2 (ค) คำถามข้อ 3.3 คะแนน 0 และ (ง) คำถามข้อ 3.3 คะแนน 2

บนท้องฟ้าเป็นสิ่งกำหนดการเปลี่ยนไปของเวลาจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์นั้นใช้เวลา 365 วัน หรือ 1 ปี ที่ประกอบด้วย 12 เดือน แนวเส้นทางปรากฏของดวงอาทิตย์ที่คนบนโลกสังเกตเห็น (สุริยวิถี) ตลอดระยะเวลา 1 ปีพบว่าแนวปรากฏของดวงอาทิตย์จะผ่านหน้าดาวฤกษ์ 12 กลุ่มที่เรียกว่า “กลุ่มดาวจักรราศี” จึงมีการนำมากำหนดการเปลี่ยนไปของช่วงเวลาประมาณช่วงละ 1 เดือน เมื่อมองจากโลกจะเห็นกลุ่มดาวเหล่านี้ปรากฏเป็นฉากหลังของดวงอาทิตย์แตกต่างกันไปตามช่วงระยะเวลาของเดือน สมรรถนะ

การอธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มดาวจักรราศีที่เวลาใด ๆ ซึ่งมีคำถามย่อย ดังนี้

ข้อที่ 4.1 จากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ผ่านกลุ่มดาวฤกษ์ตามแนวสุริยวิถีในรอบ 1 ปีจำนวน 12 กลุ่มดาว ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของกลุ่มดาวจักรราศีในแต่ละค่ำคืนตลอดระยะเวลา 12 เดือน จากมุมมองของเราที่ยืนสังเกตดวงอาทิตย์และกลุ่มดาวเหล่านั้น โดยอธิบายตำแหน่งดวงอาทิตย์ในแต่ละเวลาของแต่ละวันและในแต่ละเดือนสัมพันธ์กับตำแหน่งของกลุ่มดาวจักราศีแต่ละกลุ่มอย่างไร (นักเรียนสามารถวาดภาพประกอบการอธิบายพร้อมข้อความได้)

ข้อที่ 4.2 ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มดาวจักรราศี

ก. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์และดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านกลุ่มดาวจักรราศีตามแนวสุริยวิถี

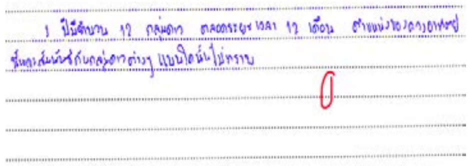
ข. ใน 1 คืนจะสามารถเห็นกลุ่มดาวจักรราศีได้มากสุด 6 กลุ่มดาว

ค. ถ้านอนดูดาวใน 1 คืนกลุ่มดาวจักรราศีที่ไม่ปรากฏเห็นบนท้องฟ้าจะเป็นกลุ่มดาวประจำเดือนนั้น

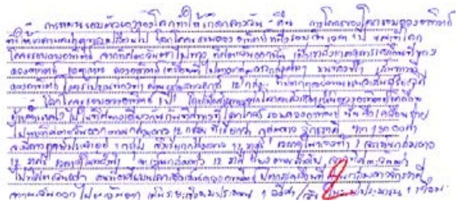
ง. ในรอบ 1 ปี ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านกลุ่มดาวจักรราศีทั้ง 12 กลุ่มดาว

ข้อที่ 4.3 วาดภาพจำลองสองมิติเพื่ออธิบายการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มดาวจักราศีที่เวลาใด ๆ เพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้ครบในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) เส้นวงกลมที่แสดงเส้นขอบฟ้า 2) ผู้สังเกตที่ยืนอยู่กลางวงกลมเส้นขอบฟ้า 3) เส้นวงกลมที่แสดงวงกลมฟ้า 4) ระบุทิศทั้ง 4 ทิศ 5) ระบุค่าเวลาและกำหนดจุดเหนือหัวจุดใต้เท้า และ 6) ระบุหมายเลขประจำเดือนและชื่อกลุ่มดาวประจำเดือนรอบเส้นวงกลมฟ้าที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และทิศตะวันออก ตะวันตก จากสถานการณ์ ตำแหน่งดวงอาทิตย์ช่วงปลายเดือนสิงหาคม เวลา 12.00 น. ตำแหน่งกลุ่มดาวจักราศีทั้ง 12 กลุ่ม อยู่ตำแหน่งใดของผู้สังเกตบนโลก

จากสถานการณ์ที่ 4 เรื่อง ดาวจักรราศี (ภาพที่ 5) พบว่าทั้ง 3 ข้อนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ข้อ ($p < 0.01$)

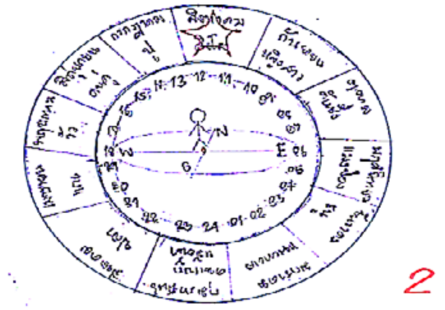


(ก)



(ข)

(ค)



(ง)

ภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่ 4 (ก) คำถามข้อ 4.1 คะแนน 0 (ข) คำถามข้อ 4.1 คะแนน 2 (ค) คำถามข้อ 4.3 คะแนน 0 และ (ง) คำถามข้อ 4.3 คะแนน 2

สถานการณ์ที่ 5 เรื่อง เวลามาตรฐาน

ผู้สังเกตที่อยู่ ณ ลองจิจูดต่างกันจะเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏ ณ ตำแหน่งเส้นเมริเดียนท้องถิ่นของตนเองไม่พร้อมกันจึงใช้ในการกำหนดเวลา (นาฬิกา) ในแต่ละวันของแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่าง

กัน ดังนั้นเพื่อให้คนบนโลกเข้าใจตรงกัน จึงกำหนดเวลาสุริยคติปานกลางที่เส้น เมริเดียนหลัก (prime meridian) ซึ่งกำหนดให้เป็นเส้นลองจิจูดที่ 0 องศา เป็นเวลามาตรฐานของโลก ในอดีตเส้นเมริเดียนหลักนี้คือเส้นเมริเดียนที่ผ่านหอดูดาวหลวงกรีนิช (Royal Observatory Greenwich) ประเทศอังกฤษ และเรียกว่าเวลาปานกลางกรีนิช (Greenwich mean time: GMT) ในปัจจุบันได้มีการปรับทั้งเส้นเมริเดียนหลักและเวลาปานกลางกรีนิชให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้นโดยเทียบกับระบบดาวเทียมจีพีเอสและนาฬิกาอะตอม จึงเรียกเวลามาตรฐานว่าเวลายูทีซี (Coordinated universal time: UTC) สำหรับผู้สังเกตที่อยู่บนเส้นลองจิจูดอื่นเวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนท้องถิ่นของผู้สังเกตจะต่างจากเวลายูทีซีในอัตรา 4 นาทีต่อ 1 องศา ดังนั้นผู้สังเกตที่อยู่บนลองจิจูดที่ 15 องศาตะวันออก จะเห็นดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนท้องถิ่นก่อนหน้าผู้สังเกตที่หอดูดาวหลวงกรีนิช 1 ชั่วโมง (60 นาที) ถ้าผู้สังเกตที่อยู่บนลองจิจูดที่ 15 องศาตะวันตก จะเห็นดวงอาทิตย์ผ่านเมริเดียนหลังหอดูดาวหลวงกรีนิช 1 ชั่วโมง สมรรถนะการอธิบายความสัมพันธ์ของเวลากับลองจิจูด ซึ่งมีคำถามย่อย ดังนี้

ข้อที่ 5.1 ทำไมเวลาของแต่ละประเทศไม่เท่ากัน ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล

ข้อที่ 5.2 ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการบอกเวลาบนโลก

ก. ผู้สังเกตที่อยู่ ณ ลองจิจูดต่างกันจะเห็น ดวงอาทิตย์ผ่านเส้นเมริเดียนท้องถิ่นไม่พร้อมกัน

ข. ประเทศที่อยู่ไปทางทิศตะวันออกของหอดูดาวหลวงกรีนิชจะมีเขตเวลาเป็นบวก

ค. ประเทศที่อยู่ไปทางทิศตะวันตกของหอดูดาวหลวงกรีนิชจะมีเขตเวลาเป็นลบ

ง. ประเทศที่อยู่ไปทางทิศตะวันตกและตะวันออกของหอดูดาวหลวงกรีนิชจะมีเขตเวลาเท่ากัน

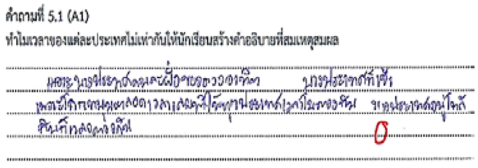
ข้อที่ 5.3 วาดภาพจำลองสองมิติเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของเวลากับลองจิจูดเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้ครบในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) เส้นวงกลมโลก 2) เส้นเมริเดียนหลัก 3) เส้นลองจิจูดตะวันออกและตะวันตกฝั่งละไม่ต่ำกว่า 3 เส้น 4) เส้นลองจิจูดที่ 105 องศาตะวันออก 5) จุดขั้วโลกเหนือและจุดขั้วโลกใต้ และ 6) ค่าเวลา UTC ที่ 105 องศาตะวันออก ตำแหน่งเขตเวลาลองจิจูดที่ 105 องศาตะวันออก

จากสถานการณ์ที่ 5 เรื่อง เวลามาตรฐาน (ภาพที่ 6) พบว่า ทั้ง 3 ข้อนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 3 ข้อ ($p < 0.01$)

เมื่อพิจารณารายข้อ ทั้ง 5 สถานการณ์ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากการณ์ดาราศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีสมรรถนะการการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$)

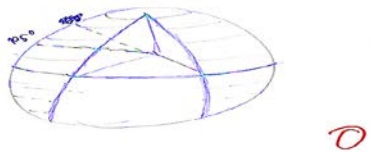
อภิปรายผล

ผลการศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยรวมทั้ง 5 สถานการณ์นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนได้พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ขั้นแรก การเข้าถึงปรากฏการณ์ โดยครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่เคยพบเจอเกี่ยว-

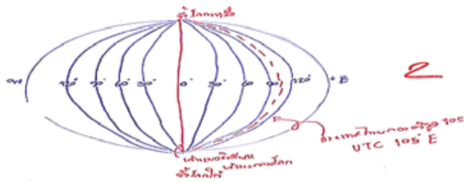


(ก)

(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในสถานการณ์ที่ 5 (ก) คำถามข้อ 5.1 คะแนน 0 (ข) คำถามข้อ 5.1 คะแนน 2 (ค) คำถามข้อ 5.3 คะแนน 0 และ (ง) คำถามข้อ 5.3 คะแนน 2

กับประเด็นที่กำลังจะศึกษา มาตั้งสมมติฐานด้วยการนำเสนอตัวแทนความคิดให้อยู่ในรูปแบบการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (2 มิติ) ในการอธิบายความสัมพันธ์และสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ พร้อมให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างไร ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) นักเรียนได้สมมติฐาน/แบบจำเบื้องต้น ที่เป็นวิธีการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลกวัตถุโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองเชิงความคิด โดยนักเรียนได้อภิปรายร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มเรียนถึงความแตกต่างระหว่างแบบจำลองและสภาพความเป็นจริง จากนั้นนักเรียนทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ และร่วมกันสรุปผลการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นั้น ๆ ผ่านกระบวนการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ที่รวบรวมมาร่วมกันของครูและสมาชิกร่วมกันอภิปรายคุณภาพหรือข้อดีข้อจำกัดของแบบ จำลองและศึกษาสารสนเทศต่าง ๆ ที่เป็นแนวคิด ทฤษฎีพื้นฐานที่เป็นพื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามาปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองจนสามารถนำมาใช้ในการอธิบายปรากDการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลและนำความรู้พื้นฐานนั้นไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์/ปรากฏการณ์ใหม่ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในการใช้ข้อมูล วิธีการ การวิเคราะห์ และการประเมิน มาสนับสนุนคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจตรวจสอบด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทดลอง การสร้างสมมติฐานจากการสังเกตปรากฏการณ์การปรากฏของวัตถุฟ้า (ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ กลุ่มดาว) การสร้างข้อสรุปจากการสังเกต ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวมาสอดคล้องกับธรรมชาติและการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น โดยผู้สอนจะคอยกระตุ้นจัดสถานการณ์ และสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และ

เป็นไปตามแนวคิดของ Schwarz *et al.* (2009) ที่อธิบายว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือสำหรับรวบรวมหรือแสดงมุมมองของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลเชิงประจักษ์ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้เพื่อแสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moutinho *et al.* (2017) Ogan–Bekiroglu and Belek (2014) และ Yacom (2020) พบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ทรงกลมฟ้าและปรากฏการณ์ดาราศาสตร์ ภาพรวมจากนักเรียนทั้งชั้น พบว่า นักเรียนส่วนมากมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80.33 อย่างไรก็ตามยังคงมีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่มีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 60 แต่นักเรียนทั้ง 2 คนยังคงมีคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการสังเกตในห้องเรียนพบว่า เป็นนักเรียนในกลุ่มอ่อนที่มีคะแนนก่อนเรียนในระดับต่ำ จากหลายครั้งที่ทำการทดสอบวัดสมรรถนะบางสถานการณ์ นักเรียนทำคะแนนได้ดี แต่บางสถานการณ์ นักเรียนมีผลคะแนนสมรรถนะที่ค่อนข้างต่ำ อาจเนื่องมาจากปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างแบบจำลองกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับ Yacom (2017) ที่อธิบายว่าแบบจำลองเป็นสื่อกลางที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจะต้องผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ ประเมินค่า และปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้แบบจำลองนั้นสมบูรณ์มากที่สุด และแบบจำลองนั้นต้องสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

Acher, A., Arcà, M., and Sanmati, N. (2007). Modeling as a teaching looming process for understanding materials: A case study in primary education. **Science Education** 91(3): 398–418.

Bureau of Academic Affairs and Educational Standards. (2014). **Guidelines for Measuring and Evaluating Learning Outcomes According to the Core Curriculum of Basic Education, B.E. 2551. 4th ed.** Bangkok: Agricultural Cooperatives of Thailand. (in Thai)

Chamrat, S. (2012). **Model and Construction Model in Science Teaching.** Retrieved from https://chamrat2012.wordpress.com/2012/04/25/model-and-modeling-teaching, August 30, 2022. (in Thai)

Faikhamta, C., and Suphatachaiwong, P. (2014). Model–based learning. **Kasetsart Educational Review** 29(3):86–99. (in Thai)

McNeill, K. L, and Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In Luft,

J., Bell, R., and Gess–Newsome, J. (Eds.). **Science as Inquiry in the Secondary Setting** (pp.121–134). Arlington, VA: National Science Teachers Association.

Moutinho, S., Moura, R., and Vasconcelos, C. (2017). Contributions of model–based learning to the restructuring of graduation students' mental models on natural hazards. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education** 13(7): 3043–3068.

Narjaikaew, P. (2019). Star map umbrella: An alternative media for learning some stars and constellations in the sky. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 10(1): 113–122. (in Thai)

Office of the Education Council. (2014). **Education Issue of Thailand in the World.** Bangkok: Prikwarn Graphic. (in Thai)

Ogan–Bekiroglu, F., and Eren Belek, D. (2014). Impact of model–based teaching on argumentation skills. **International Journal of Progressive Education** 10(1): 59–72.

Organization for Economic Co–operation and Development. (2018). **OECD Recommendation on Consumer Protection in E–Commerce.** Retrieved from https://www.oecd.org/sti/consumer/ECommerce-Recommendation-2016.pdf, August 8, 2022.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science** 46: 632–654.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2020). **PISA Thailand.** Retrieved from https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports, July 5, 2022 (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2023). **PISA Thailand**. Retrieved from https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/science_competency_framewark, October 30, 2023. (in Thai)

The National Statistical Office. (2012). **Science and Technology: Basics of Driving the Economy.** Retrieved from http://service.nso.go.th/nso/web/article/article_67.html, August 8, 2022. (in Thai)

Whitney, D. R., and Sabers, D. L. (1970). **Improving Essay Examinations III: Use of Item Analysis**. Iowa City: University of Iowa.

Worakam, P. (2011). **Educational Research**. 2nd ed. Maha Sarakham: Taksila.

Yacom, R. (2020**). An Action Research to Examine the Ways of Using Model–Based Learning to Enhance 11th Grade students' Competency to Explain Phe-**

nomena Scientifically on Fossil Fuels and Products. Master's Thesis in Chemistry. Pisanulok: Naresuan University. (in Thai)

ภาคผนวก

ตัวอย่าง ผลการศึกษาจำนวนนักเรียนที่มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ข้อที่ 1.1 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

		หลังเรียน			**รวม**	**ทิศทางการเปลี่ยนสมรรถนะการอธิบาย**		
		0	**1**	**2**		**+**	**0**	**–**
ก่อน	**0**	2	2	14	18	16	2	0
เรียน	**1**	0	3	5	8	5	3	0
รวม		2	5	19	26	21	5	0

จากการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ข้อที่ 1.1 มีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมี 2 กลุ่ม มีดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจสมรรถนะการอธิบายจากระดับไม่มีสมรรถนะการอธิบาย (0) ก่อนเรียนมีนักเรียนจำนวน 18 คน หลังเรียนพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้ยังคงมีนักเรียนที่ไม่มี สมรรถนะการอธิบาย (0) จำนวน 2 คน มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายไปอยู่ระดับ 1 จำนวน 2 คน และมีการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายไปอยู่ระดับ 2 จำนวน 14 คน

2) การเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายจากระดับที่ 1 ก่อนเรียนมีนักเรียนจำนวน 8 คน หลังเรียนพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้ยังคงมีนักเรียนที่มีสมรรถนะการอธิบายระดับ 1 จำนวน 3 คน และมีการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายไปอยู่ระดับ 2 จำนวน 5 คน

เมื่อพิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงระดับสมรรถนะการอธิบายระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า มีนักเรียนจำนวน 26 คนที่มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายเชิงบวก มีนักเรียนจำนวน 21 คน ยังคงมีสมรรถนะการอธิบายระดับเดิม มีนักเรียนจำนวน 5 คน และไม่มีนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะการอธิบายเชิงลบ