PROMOTING OF EXPLAIN PHENOMENA SCIENTIFICALLY COMPETENCY ON HEAT AND CHANGES OF MATTER FOR GRADE 7 STUDENTS BY USING MODEL-BASED LEARNING

Natdanai SUPHASORN [1*] and Duangsamorn KIJKOSOL[1]

1 Science Education, Graduate School, Udon Thani Rajabhat University, Thailand; 66700603105@udru.ac.th (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 9 June 2025 **Revised:** 23 June 2025 **Published:** 7 July 2025

ABSTRACT

The purposes of this research were to study the explain phenomena scientifically competency of grade 7 students after using model-based learning and to compare their explain phenomena scientifically competency before and after model-based learning on Heat and Change of Matter. The sample group consisted of 34 grade 7 students, selected by purposive sampling. The research design was mixed method research. The research instruments included model-based learning lesson plans and a explain phenomena scientifically competency assessment on Heat and Change of Matter. Statistics used for data analysis included mean, standard deviation, and dependent t-test. The results revealed that: 1) Most students had explain phenomena scientifically performances as level 1 in pre-test and improved their performance as level 3 in post-test. 2) Students' explain phenomena scientifically performances were a significant difference between the pre-test and post-test. This suggests that using model-based learning can enhance students' scientific explanation competency on heat and changes of matter.

Keywords: Explain Phenomena Scientifically Competency, Model-Based Learning

CITATION INFORMATION: Suphasorn, N. & Kijkosol, D. (2025). Promoting of Explain Phenomena Scientifically Competency on Heat and Changes of Matter for Grade 7 Students by Using Model-Based Learning. *Procedia of Multidisciplinary Research, 3*(7), 84

การส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

ณัฐดนัย สุภศร[1*] และ ดวงสมร กิจโกศล[1]

1 สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี; 66700603105@udru.ac.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งหมด 34 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง แบบแผนการวิจัยเป็นแบบผสมผสาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยพบว่า 1) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ในระดับ 1 แต่หลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 3 2) สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน เรื่อง ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสสาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 กล่าวคือ นักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสสารได้

คำสำคัญ: สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์, การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ข้อมูลการอ้างอิง: ณัฐดนัย สุภศร และ ดวงสมร กิจโกศล. (2568). การส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *Procedia of Multidisciplinary Research, 3*(7), 84

บทนำ

สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนระดับนานาชาติ ปี 2025 (PISA 2025) (OECD, 2023: 9-41) โดยการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีบทบาทที่สำคัญในการช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้ชัดเจนดีขึ้น ดังนั้นการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จึงเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของการจัดการศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คาดหวังไว้สูงสุด คือ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ได้

จากผลการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ของประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2000 ถึง 2022 พบว่า ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ แม้ว่านักเรียนไทยร้อยละ 42 จะได้คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ในระดับ 2 ซึ่งนักเรียนที่ระดับนี้อย่างน้อยที่สุดสามารถรู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่คุ้นเคยและสามารถใช้ความรู้ดังกล่าวเพื่อระบุประเด็นต่าง ๆ ได้ในกรณีที่ไม่ซับซ้อนว่าข้อสรุปนั้นถูกต้องตามข้อมูลที่ให้หรือไม่ (สสวท., 2564: 182) แต่ค่าเฉลี่ยของประเทศสามชิก OECD อยู่ที่ร้อยละ 76 ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังคงมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับประเทศสามชิก OECD

จากปัญหาที่ผู้วิจัยพบในการจัดการเรียนการสอน พบว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนมีปัญหาในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ โดยเฉพาะเรื่องความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารเป็นผลทำให้ผลการเรียนรู้ของนักเรียนค่อนข้างต่ำในเรื่องนี้ อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน อาทิ เนื้อหามีความซับซ้อนและต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์หลายแนวคิด จึงเป็นเรื่องเข้าใจยากสำหรับนักเรียน รวมไปถึงการถ่ายทอดความรู้จากครูสู่นักเรียนโดยนักเรียนเป็นเพียงผู้รับข้อมูลจึงไม่สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนดึงความรู้วิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายที่โดยสามารถสร้างคำอธิบายจากแบบจำลองได้อย่างครอบคลุม สามารถปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองโดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย และสามารถสร้างข้อโต้แย้งผ่านการประยุกต์ใช้แบบจำลองได้ (Schwarz, et al., 2009: 632-654)

จากปัญหาเรื่องสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจึงเลือกจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) เพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร และ 2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร เพื่อแก้ไขปัญหาที่พบเนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่าวิธีการนี้มีความเป็นไปได้ที่จะช่วยเรื่องสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และยกระดับผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้

การทบทวนวรรณกรรม

การเรียนรู้แบบแบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การเรียนรู้ที่เน้นการสร้าง การใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้และตัวแทนทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Schwarz et al., 2009: 632-654) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) ครูใช้คำถามหรือปรากฏการณ์ โดยปรากฏการณ์ที่ใช้จะต้องสามารถนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) นักเรียนสร้างแบบจำลองที่แสดงถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ก่อนหน้านี้ 3) ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

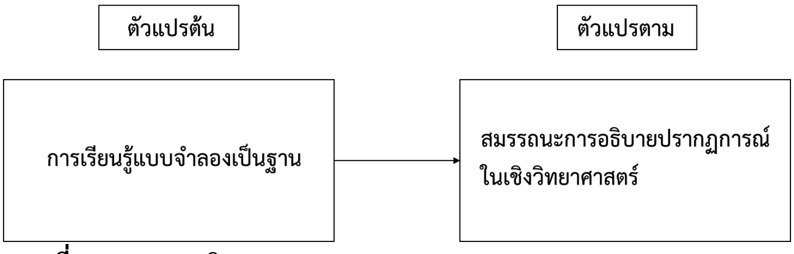
(Empirically test the model) ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่อนำมาตรวจสอบกับแบบจำลองของตนเอง 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) ตรวจสอบว่าแบบจำลองตนสอดคล้องกับข้อมูลที่หามาหรือไม่อย่างไร ประเมินและทำการปรับปรุงแก้ไข 5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่นๆ (Test the model against other ideas) เป็นการนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่นๆ 6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) นำแบบจำลองกลับมาแก้ไข และเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับคนอื่นๆ และ 7) ขั้นการใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ (Use the model to predict or explain) นำแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วไปใช้ในการทำนาย และอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏการณ์เดิม

สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการรับรู้ เสนอและประเมินคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเทคโนโลยี (OECD, 2023: 9-41) ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม 2) การใช้รูปแบบต่างๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้ 3) การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ 4) การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้ 5) การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่างๆ และ 6) การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบบแผนการวิจัยเป็นแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียนจำนวน 34 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีระดับคะแนนค่อนข้างสูงจากการสอบคัดเลือกห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (t-test dependent)

ผลการวิจัย

จากการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาพิจารณาเพื่อแบ่งระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากนั้นทำการแบ่งอันตรภาคชั้นตามหลักสถิติ และทำการแบ่งความสามารถออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 3 (ระดับสูง 2.0-1.4 คะแนน) ระดับ 2 (ระดับปานกลาง 1.3-0.7 คะแนน) และระดับ 1 (ระดับต่ำ 0.6-0.0 คะแนน)

จากนั้นวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน คือ ร้อยละ และนำเสนอข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ แสดงผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามระดับความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

องค์ประกอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	**จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามระดับความสามารถ**					
	ระดับ 1		**ระดับ 2**		**ระดับ 3**	
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**
องค์ประกอบที่ 1	46.08	8.82	50.98*	37.25	2.94	53.92**
องค์ประกอบที่ 2	59.80*	26.47	39.22	46.08**	0.98	27.45
องค์ประกอบที่ 3	65.69*	16.67	34.31	35.29	0.00	48.04**
องค์ประกอบที่ 4	59.80*	21.57	38.24	29.41	1.96	49.02**
องค์ประกอบที่ 5	53.92*	6.86	44.12	41.18	1.96	51.96**
องค์ประกอบที่ 6	49.02*	11.76	50.00	33.33	0.98	54.90**
รวมทุกองค์ประกอบ	**55.72***	**15.36**	**42.81**	**37.09**	**1.47**	**47.55****

หมายเหตุ * ร้อยละสูงสุดก่อนเรียน ** ร้อยละสูงสุดหลังเรียน

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 ซึ่งเป็นระดับต่ำ ในองค์ประกอบที่ 2 องค์ประกอบที่ 3 องค์ประกอบที่ 4 องค์ประกอบที่ 5 องค์ประกอบที่ 6 และรวมทุกองค์ประกอบ คิดเป็นร้อยละ 59.80, 65.69, 59.80, 53.92, 49.02, และ 55.72 และหลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับสูง ในองค์ประกอบที่ 3 องค์ประกอบที่ 4 องค์ประกอบที่ 5 องค์ประกอบที่ 6 คิดเป็นร้อยละ 48.04, 49.02, 51.96, 54.90, และ 47.55 ตามลำดับ ยกเว้นองค์ประกอบที่ 2 ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถเป็นระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 46.08 และองค์ประกอบที่ 1 ที่พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 50.98 และหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 53.92

เมื่อพิจารณารายละเอียดความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสสารด้วยการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานทั้งก่อนและหลังเรียน ผู้วิจัยยกตัวอย่างสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยจำแนกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง ซึ่งคำถามจากสถานการณ์ต้องการให้นักเรียนเลือกประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม และให้เหตุผลในการเลือกประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียกสามารถเลือกเลือกประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง และส่งผลให้หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 อยู่ในระดับสูงสุด โดยเฉพาะสถานการณ์ เรื่อง รางรถไฟโก่งคด พบว่ามีจำนวนนักเรียนมีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนด้วยภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 ก่อนเรียนของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ เรื่อง รางรถไฟโก่งคด

องค์ประกอบที่ 2 การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 ในทุกสถานการณ์คำถาม นักเรียนไม่สามารถแปลความหมายข้อมูลจากตัวแทนความรู้ ตัวอย่างเช่น จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณความร้อนได้

องค์ประกอบที่ 3 การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 มีเพียงสถานการณ์เรื่อง รางรถไฟโก่งคด ที่มีความสามารถสูงสุดอยู่ที่ระดับ 2 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนที่เป็นเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการทำนายผลหรือวิธีแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หรือเป็นการให้ข้อมูลไม่สอดคล้องกับคำอธิบายของปรากฏการณ์ แต่หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 3

องค์ประกอบที่ 4 การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 ในทุกสถานการณ์คำถาม เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุ สร้าง และประเมินแบบจำลองที่แสดงแทนปรากฏการณ์ และให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำอธิบายของปรากฏการณ์ แต่หลังเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 3

องค์ประกอบที่ 5 การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 มีเพียงสถานการณ์เรื่อง ถังดับเพลิงระเบิด ที่มีความสามารถสูงสุดอยู่ที่ระดับ 2 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ และให้เหตุผลในการสร้างสมมติฐานโดยอาศัยข้อมูลและประสบการณ์ความรู้เดิม แต่หลังเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 3

องค์ประกอบที่ 6 การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1 มีเพียงสถานการณ์เรื่อง ถังดับเพลิงระเบิด ที่มีความสามารถสูงสุดอยู่ที่ระดับ 2 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม และไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องเมื่อนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม แต่หลังเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 3

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนด้วยการทดสอบ t-test dependent มีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนจำแนกตามองค์ประกอบ เรื่อง ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสสาร

องค์ประกอบ	**n**	**ก่อนเรียน** $\bar{X}$ **(S.D.)**	**หลังเรียน** $\bar{X}$ **(S.D.)**	**t-test**	***p***
องค์ประกอบที่ 1	34	1.71 (1.169)	4.35 (1.252)	10.324	.000*
องค์ประกอบที่ 2	34	1.24 (0.923)	3.03 (1.359)	7.422	.000*
องค์ประกอบที่ 3	34	1.03 (0.869)	3.94 (1.391)	10.723	.000*
องค์ประกอบที่ 4	34	1.27 (1.024)	3.82 (1.267)	10.682	.000*
องค์ประกอบที่ 5	34	1.44 (1.078)	4.35 (1.069)	11.134	.000*
องค์ประกอบที่ 6	34	1.56 (1.078)	4.29 (1.169)	11.226	.000*
รวมทุกองค์ประกอบ	**34**	**8.24 (3.977)**	**23.79 (4.841)**	**19.364**	**.000***

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกองค์ประกอบ และผลรวมทุกองค์ประกอบ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร มีสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จากการทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนรู้ด้วยแบบจำลองเป็นฐานเท่ากับ 8.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.89 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 23.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.08 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และทุกองค์ประกอบของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลหลายประการ

ประการแรก การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ที่ให้นักเรียนเข้าถึงปรากฏการณ์หรือคำถามที่น่าสนใจที่ผู้วิจัยออกแบบเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองความคิดทั้ง 3 ระดับ (ระดับ มหภาค, จุลภาค และสัญลักษณ์) และหาข้อมูลเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง จากนั้นประเมิน ปรับปรุงแก้ไขหลังจากทำการอภิปรายกลุ่ม แล้วจึงนำแบบจำลองที่แก้ไขแล้วไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏการณ์เดิม ซึ่งสอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ (2558) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ร่วมกับการใช้คำถาม เพื่อตรวจสอบความรู้เดิม รวมไปถึงมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยง เนื้อหาเคมีทั้ง 3 ระดับ (ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) และสอดคล้องกับ เมธินี ทาระวัน และ เมษา นวลศรี (2564) พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และสอดคล้องกับ ราตรี ยะคำ และคณะ (2563) พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ควรให้ความสำคัญกับการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนความคิดเห็น

อภิปราย โต้แย้งร่วมกัน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในรูปแบบต่าง ๆ จะช่วยพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ประการที่สอง การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้ โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 5 ประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่นๆ ที่ให้นักเรียนทดสอบประเมินแบบจำลองของตนกับกราฟ ตาราง แผนภาพ หรือข้อความที่ผู้วิจัยออกแบบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง สอดคล้องกับ ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล และคณะ (2564) ที่พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนสามารถเลือกใช้รูปแบบในการนำเสนอตัวแทนความคิดภายนอกที่มีความหลากหลายที่สอดคล้องกับความเป็นนามธรรมต่อแนวคิดทางเคมีมากขึ้น

ประการที่สาม การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 7 การใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ให้นักเรียนทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏาการณ์เดิม สอดคล้องกับ Windschitl et al. (2008) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างมีเหตุมีผลบนพื้นฐานกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประการที่สี่ การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้ โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดทั้ง 3 ระดับ (ระดับ มหภาค, จุลภาค และสัญลักษณ์) จากปรากฏการณ์หรือคำถามที่ผู้วิจัยออกแบบ และหาข้อมูลเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง จากนั้นประเมินโดยการทดสอบกับทฤษฎีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ นิโลบล หลักหาญ และคณะ (2564) พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนปกติ และสอดคล้องกับ อมรรัตน์ ปานเพชร และธิติยา บงกชเพชร (2566) หลังใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่านักเรียนมีพัฒนาการแบบจำลองทางความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องมากที่สุดและแบบจำลองทางคิดที่ไม่เชื่อมโยงน้อยที่สุด และสอดคล้องกับ Ogundeji et al. (2019) พบว่า ควรวาดภาพโดยใช้แบบจำลองที่เกินขีดจำกัดทางกายภาพ เพื่อนำแนวคิดที่เรียนรู้ไปเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนสังเกตและสัมผัสได้รอบตัว

ประการที่ห้า การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายของปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนได้ตั้งสมมติฐานในขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลอง และเมื่อถึงขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะได้ตรวจสอบว่าสมมติฐานของตนสอดคล้องกับข้อมูลที่หามาหรือไม่ อย่างไร และปรับปรุงแก้ไขหากไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ สอดคล้องกับ Windschitl et al. (2008) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับบริบท สามารถทดสอบ แก้ไข อธิบายปรากฏการณ์ได้

ประการที่หก การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบด้านการอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นที่ 7 การใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏาการณ์เดิม เพื่อนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเพื่อประโยชน์ของสังคมต่อไป สอดคล้องกับ

Schwarz et al. (2009) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถช่วยส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) ในองค์ประกอบที่ 2 การใช้รูปแบบต่างๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้ มีความสามารถของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับปานกลาง และยังเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในองค์ประกอบดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น จึงควรมีการเพิ่มแบบฝึกหัด ใบกิจกรรมที่มีกราฟความสัมพันธ์ ตาราง แผนภาพ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมา

2) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนั้น เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการทดลอง การสังเกตปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เพื่อนำมาตรวจสอบกับแบบจำลองจึงเป็นข้อมูลผลการทดลองที่ได้จากการสังเกต จึงไม่สามารถส่งเสริมการอธิบายในระดับอนุภาคให้แก่นักเรียนได้ดีนัก ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการนำสื่อการเรียนรู้อื่นๆ มาใช้ประกอบกับการเรียนแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจในระดับอนุภาคได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยผู้วิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจและข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1) การศึกษาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงของสสาร เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบวัดสมรรถนะเท่านั้น การวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ หรือสังเกตจากพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมของนักเรียน

2) การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาอื่นได้ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเรียนรู้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ผ่านแบบจำลอง

3) เนื่องจากสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ดังนั้นครูควรฝึกฝนนักเรียนอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ณภัทร สุขนฤเศรษฐกุล, ชาตรี ฝ่ายคำตา และ พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2564). การพัฒนาการด้านสมรรถนะในการนำเสนอตัวแทนความคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใน หัวข้อเซลล์เคมีไฟฟ้า ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 44*(4), 84-89.

นิโลบล หลักหาญ, ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ และ ภัทรภร ชัยประเสริฐ. (2564). การศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 23*(3), 144-158.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา และ พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติ ของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1*(1), 97-124.

เมธินี ทาระวัน และ เมษา นวลศรี. (2564). การพัฒนาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและธรณีพิบัติภัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 6*(6), 20-33.

ราตรี ยะคำ, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ และ วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ (2563). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 22*(1), 190-203.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อมรรัตน์ ปานเพชร และ ธิติยา บงกชเพชร (2566). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Journal of Roi Kaensarn Academi, 8*(8), 493-509.

OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework (Draft)*. Paris: OECD.

Ogundeji, O. M., Okoye, N. E., Nwaoda, I. S., Ariyo, S. O., Omeje, O. H.,Ogbonna, N. G. & Onuya, C. C. (2019). A Study of Information Acquisition on Solar Energy Concepts among Physics and Technical Teacher: Implications for Global Environmental and Energy Crisis. *Journal of Engineering and Applied Sciences, 14*(8), 10419-10425.

Schwarz, C.V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D.,… & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of research science teaching, 46*(6), 632-654.

Windschitl, M., Thompon, J., & Braten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model -based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigation. *Science Education, 92*(5), 941-967.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright: © 2025 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).