

การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สุชาวดี สมสำราญ^{1*} กฤติณ ทิพย์มณฑะเกียรติ² และฐาปนา จ้อยเจริญ¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ คลองหลวง
ปทุมธานี 13180; ²โรงเรียนสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

*E-mail: suchawadeesom@vru.ac.th

รับบทความ: 3 สิงหาคม 2566 แก้ไขบทความ: 18 พฤศจิกายน 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 21 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี และแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามเกณฑ์ของ Haidar (1997) โดยใช้การจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ 2) แนวคิดถูกต้อง (sound understanding: SU) 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding: PU/SM) 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding: SM) และ 5) แนวคิดไม่ถูกต้อง (misunderstanding: MU) หลังจากรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี แนวคิดย่อยสมการข้อความและการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกริยาเคมี โดยทดสอบด้วยแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์กับนักเรียนจำนวน 40 คน พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 2 แนวคิดย่อย โดยหัวข้อที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดย่อยสมการข้อความ จำนวน 22 คน ส่วนแนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกริยาเคมี พบแนวคิดแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวนมากที่สุดคือ 29 คน ทั้งนี้ในทั้งสองแนวคิดย่อยยังพบนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงกลุ่มแนวคิดไปในทิศทางที่ดีขึ้นจากเดิม

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดวิทยาศาสตร์ ปฏิกริยาเคมี

Development of Scientific Conceptions in “Chemical Reaction” of Matthayomsuksa 3 Students through Model-based Learning

Suchawadee Somsamran^{1*}, Krittin Tipmontiane² and Thapana Choicharoen¹

¹Program Study of Science, Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Klongluang, Pathumthani 13180, Thailand; ²Suratthani School, Suratthani 84000, Thailand

*E-mail: suchawadeesom@vru.ac.th

Received: 3 August 2023 Revised: 18 November 2023 Accepted: 21 November 2023

Abstract

This research aimed to develop scientific conceptions in “chemical reaction” of Matthayomsuksa 3 students through model-based learning. The purposive sampling was conducted in 40 students from two classes in Matthayomsuksa 3. The research tools consisted of lesson plan using model-based learning and open-ended conceptual test. The data were compared between pretest and posttest and were analyzed the grouping concepts of Haidar (1997) into five groups which were as follows: 1) sound understanding: SU, 2) partial understanding: PU, 3) partial understanding with specific misunderstanding: PU/SM, 4) specific misunderstanding: SM, and 5) misunderstanding: MU. After the lesson, in the sub concepts of chemical equations and atomic arrangement, the result presented that there were increases of scientific concepts in both sub-conceptions. Sound understanding (SU) in sub-concepts of chemical reactions was the highest which were 22 students; while partial understanding (PU) in sub-concepts of atomic arrangement was the highest which were 29 students. Furthermore, non-developed concepts also were displayed in both sub-conceptions.

Keywords: Model-based learning, Scientific conception, Chemical reaction

บทนำ

ในสังคมปัจจุบัน การพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ การติดต่อสื่อสาร และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้อย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกหนึ่งพัฒนาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการ

จัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้านี้ โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเรียนรู้การดำรงชีวิตในสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ครูผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการค้นหาศักยภาพในตัวนักเรียนและพัฒนาศักยภาพนั้นให้เด่นชัดขึ้นผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย

ซึ่งอยู่บนแนวคิดและหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยประยุกต์ประสบการณ์และกระบวนการคิดเข้าสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Minister of Education, 2008) หากต้องการให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น ครูผู้สอนควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิต ประสบการณ์ และบริบทของนักเรียนด้วย (Jansong *et al.*, 2022) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนต้องเป็นปัจจัยสำคัญที่มีหน้าที่ คัดคว้าและประยุกต์ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายให้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ เพื่อส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนให้นำความรู้เดิมจากประสบการณ์ที่มีอยู่ประยุกต์กับสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ตามบริบทที่แตกต่างกัน (Rattanakorn, 2023)

สืบเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนปัจจุบันมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนท่องจำ โดยครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพต่ำที่จะสนับสนุนทักษะต่าง ๆ ของนักเรียนได้อย่างเหมาะสม การสอนแบบบรรยายมีความเหมาะสมกับบางเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ถึงกระนั้นบางหัวข้อไม่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้การสอนแบบบรรยาย เนื่องจากไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดขั้นสูงได้ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ จึงต้องบูรณาการวิธีการสอนอื่น ๆ ร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศที่ได้กำหนดไว้ (Damrimungkit and Kijkuakul, 2021)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง เป็นวิธีการหนึ่งของการจัด-

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อส่งเสริมศักยภาพและพัฒนาทักษะของผู้เรียน (Gobert and Buckley, 2000) แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นกระบวนการคิดและการกระทำเช่นนักวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison and Treagust, 2000) จากความสำคัญดังกล่าวจึงนำไปสู่การคิดค้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) ซึ่งมีแนวคิดสำคัญ ดังนี้ 1) นักเรียนเผชิญสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ อภิปรายผ่านกระบวนการกลุ่ม โต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองและให้เหตุผลประกอบ เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจของนักเรียน 2) นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยการบูรณาการความรู้เดิมและความรู้ที่ได้รับระหว่างการสร้างแบบจำลอง เพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้น ผ่านแบบจำลองทางความคิด (mental model) ที่สร้างขึ้น และ 3) นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยสะท้อนความรู้ความเข้าใจดังกล่าวผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Najang and Kaewdee, 2012) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเคมีระหว่างระดับสัญลักษณ์ จุลภาค และมหภาคได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นแบบจำลองทางความคิดสามารถสะท้อนออกมาได้หลายรูปแบบ เช่น ข้อความ แผนผัง ภาพวาด (Pananchai *et al.*, 2018) แบบจำลองทางความคิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะในเนื้อหาวิชาเคมี เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องจะสะท้อนผ่านแบบจำลองแสดงออกเพื่อนำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างชัดเจน

ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะและการคิดขั้นสูงได้ (Potisen and Faikhamta, 2017)

เนื้อหาวิชาด้านวิทยาศาสตร์สามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย แต่โดยส่วนใหญ่พบว่าเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมหรือเนื้อหาที่นักเรียนไม่สามารถเห็นได้เชิงประจักษ์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งเพื่อให้ให้นักเรียนสะท้อนแนวคิดเชิงนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเชื่อมโยงความรู้ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคกับการทดลอง เช่น เนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเคมีที่นักเรียนต้องอธิบายการเข้าทำปฏิกิริยากันของสารตั้งต้นจนเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักเคมีจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการสร้างแบบจำลอง (models) เพื่ออธิบายและทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ (Justi and Gilbert, 2002; Pananchai *et al.*, 2018) อีกทั้งการเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมียังคงเป็นเรื่องซับซ้อนเนื่องจากผู้เรียนต้องเข้าใจความแตกต่างของธาตุ สารประกอบอะตอม โมเลกุล รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารและการจัดเรียงอะตอมในการเกิดสารใหม่อีกด้วย (Ulfa *et al.*, 2019) ดังนั้นในศตวรรษที่ผ่านมากการสร้างและใช้แบบจำลองทางเคมีจึงได้รับความนิยมอย่างมากเพื่อประยุกต์สู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ จนก่อให้เกิดความรู้ทางเคมีมากมาย (Faikhamta, 2015)

จากแนวคิด งานวิจัย และสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เพื่อแก้ปัญหาด้านการเรียนรู้ และพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อันเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องมากขึ้น

วิธีดำเนินงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 40 คน โดยกลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เนื่องจากครูผู้สอนได้รับมอบหมายให้สอนในห้องเรียนดังกล่าว อีกทั้งนักเรียนกลุ่มนี้ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มเก่ง-กลาง-อ่อนอย่างเหมาะสม โดยอ้างอิงจากผลการเรียนของนักเรียนในปีการศึกษาที่ผ่านมา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและคุณภาพของเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี จำนวนทั้งสิ้น 1 แผนการจัดการเรียนรู้ (จำนวน 3 ชั่วโมง) และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี จำนวน 2 ข้อ โดยแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์นี้มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด (open-ended question) ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงคำตอบ และแบบจำลองทางความคิดออกมาได้ในหลากหลายลักษณะ เช่น การอธิบาย การเขียนแผนภาพ การวาดภาพ โดยมีรายละเอียดการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

- 1) การสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้
 - ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษา

พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

- ศีรษะและมาตรฐานการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัด สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

- ศีรษะรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ ความหมาย และวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนการสอน

- จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และสื่อ การสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การจัดการ เรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยใช้กระบวนการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การสร้างแบบ จำลองทางความคิด ขั้นที่ 2 แสดงแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

- นำแผนการจัดการเรียนการสอนให้

ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมเพื่อหาค่าความเที่ยงตรง (IOC) โดยผลการ วิเคราะห์หาค่า IOC พบว่ามีค่ามากกว่า 0.5

- นำแผนการจัดการเรียนการสอนมา ปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งจึงนำไปใช้ในการจัดการ เรียนการสอน

2) การสร้างและพัฒนาแบบวัดแนวคิด วิทยาศาสตร์ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์

- วิเคราะห์วัตถุประสงค์และเนื้อหา ในการเรียนรู้ เพื่อสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

- สร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกน กลาง แล้วจึงสร้างข้อคำถาม โดยแบบวัดแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี มีรายละเอียด ในตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์	ตัวอย่างข้อคำถาม	มาตรฐานตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1.1 แนวคิดย่อยสมการข้อความ	การเกิดปฏิกริยาเคมีในรูปแบบของสมการข้อความเพื่อแสดงถึงการเข้าทำกันจากการทดลอง (ปฏิกริยาเคมีระหว่างเปลือกไข่และน้ำส้มสายชู)	ว 2.1 ม.3/3 อธิบายการเกิดปฏิกริยาเคมี รวมถึงการจัดเรียงตัวของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกริยาเคมี โดยใช้แบบจำลองและสมการข้อความ	<ul style="list-style-type: none"> การเกิดปฏิกริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิด สารใหม่ โดยสารที่เข้าทำปฏิกริยา เรียกว่า สารตั้งต้น สารใหม่ที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยา เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ การเกิดปฏิกริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ
1.2 แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกริยาเคมี	การจัดเรียงอะตอมเมื่อเกิดการทำปฏิกริยาระหว่างเปลือกไข่และน้ำส้มสายชู		<ul style="list-style-type: none"> การเกิดปฏิกริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมี การจัดเรียงตัวใหม่ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสมบัติ แตกต่างจากสารตั้งต้น โดยอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน

- นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมเพื่อหาค่าความเที่ยงตรง (IOC) โดยผลการวิเคราะห์หาค่า IOC พบว่ามีค่ามากกว่า 0.5 ทั้งหมด
- นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี เก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูล จากการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลตามแนวทางของ Haidar (1997) โดยจัดกลุ่มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ 1) แนวคิดถูกต้อง (sound understanding: SU) 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding: PU/SM) 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding: SM) และ 5) แนวคิดไม่ถูกต้อง (misunderstanding: MU) จากนั้นวิเคราะห์ผลและสรุปผลการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายแนวคิดทางวิทยา-

ศาสตร์และรายบุคคล

ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 2 แนวคิดย่อย นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) ในแนวคิดย่อยสมการข้อความ พบนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ในขณะที่แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกริยาเคมี นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 72.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยในแนวคิดย่อยสมการข้อความ มีจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีแนวคิด (MU) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเท่ากับจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่แนวคิดไม่ถูกต้อง (MU) ในแนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกริยาเคมี (ตาราง 2 และภาพที่ 1)

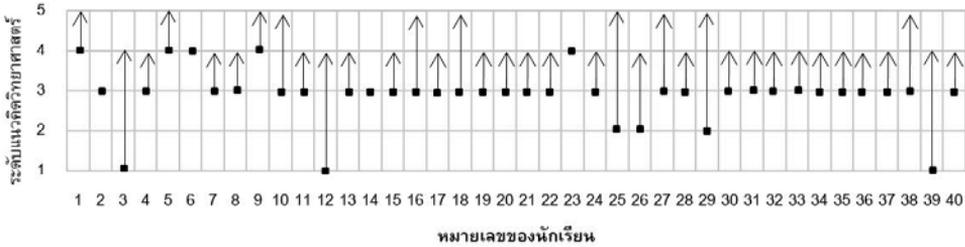
ตาราง 2 แนวคิดแต่ละประเภทเพื่อสะท้อนแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี (N = 40)

แนวคิดย่อย	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ในแต่ละประเภทแนวคิด									
	SU		PU		PU/SM		SM		MU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
สมการข้อความ	2 (5.00)	22 (55.00)	4 (10.00)	16 (40.00)	30 (75.00)	2 (5.00)	1 (2.50)	0	3 (7.50)	0
การจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกริยาเคมี	0	9 (22.50)	5 (12.50)	29 (72.50)	29 (72.50)	2 (5.00)	3 (7.50)	0	3 (7.50)	0

หมายเหตุ ในวงเล็บ หมายถึง ค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละประเภทแนวคิด ซึ่งประกอบด้วย SU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน และ MU หมายถึง แนวคิดไม่ถูกต้อง



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 พัฒนาการแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี รายบุคคล (ก) แนวคิดย่อยสมการข้อ-ความ และ (ข) แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกริยาเคมี
หมายเหตุ ระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ระดับ 1: แนวคิดไม่ถูกต้อง (MU) ระดับ 2: แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) ระดับ 3: แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (PU/SM) ระดับ 4: แนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) และ ระดับ 5: แนวคิดถูกต้อง (SU)

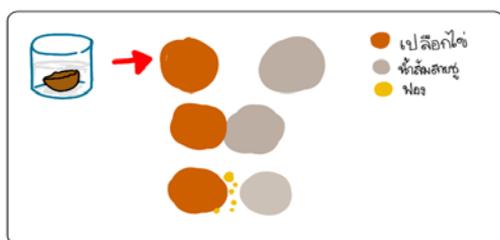
เมื่อพิจารณาจากแนวคิดย่อยในตาราง 2 พบว่า แนวคิดย่อยสมการข้อ-ความ หลังจกนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและแนวคิดไม่ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาคำตอบเป็นรายบุคคล (ภาพที่ 2) พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์

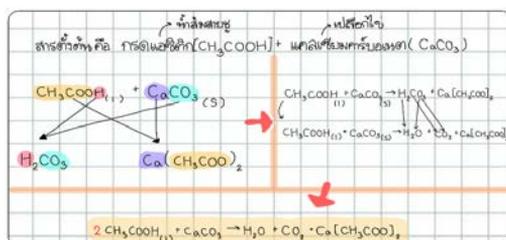
ถูกต้อง เช่น เมื่อพิจารณาจากคำตอบในแนวคิดย่อยสมการข้อ-ความของนักเรียนหมายเลข 29 (ภาพที่ 2ก) พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากคำตอบว่าสมการข้อ-ความเกิดจากการเข้าทำปฏิกริยากันระหว่างโมเลกุลของเปลือกไข่และน้ำส้มสายชูจนเกิดฟองแก๊สขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในเชิงลึกพบว่านักเรียนไม่ได้แสดงถึงรูปแบบการเดินหน้าไปของปฏิกริยาเคมีผ่านลักษณะของข้อ-ความ ถึงแม้จะใช้รูปภาพประกอบการอธิบายก็ไม่สามารถสื่อถึงลักษณะการเข้าทำกันระหว่างสาร 2 ชนิดจนเกิดสารใหม่ขึ้นมา แต่เมื่อพิจารณาคำตอบหลังเรียน พบว่า แนวคิดเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้อง (ภาพที่ 2ข) โดยการให้น้ำส้มสายชู (กรดแอสติก) และเปลือกไข่ (แคลเซียม

คาร์บอเนต) เป็นสารตั้งต้น และมีการใช้ลูกศรเพื่อแสดงการเดินหน้าไปของปฏิกิริยาเคมีจนเกิดผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยนักเรียนได้แสดงการจัดเรียงอะตอมของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นอีกด้วย อย่างไรก็ตามยังพบนักเรียนที่ก่อนและหลังเรียนยังมีแนวคิดอยู่กลุ่มเดิม เช่น นักเรียนหมายเลข 15 ก่อนเรียนแนวคิดอยู่กลุ่มมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จากคำตอบ

“แคลเซียมคาร์บอเนต + กรดแอซิติค → แคลเซียมแอซิเตต + น้ำ + แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์” ในขณะที่หลังเรียน คำตอบของนักเรียนยังคงอยู่กลุ่มเดิม โดยนักเรียนเปลี่ยนจากคำบรรยายชื่อสารภาษาไทย เป็นสูตรเคมีสากล ซึ่งไม่สะท้อนถึงการพัฒนาของแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (ภาพที่ 1)



(ก)



(ข)

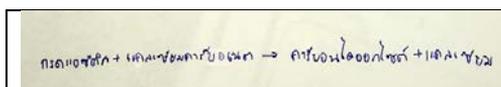
ภาพที่ 2 ภาพแสดงแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (ก) ก่อนการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยสมการข้อความ และ (ข) หลังการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยสมการข้อความของนักเรียนหมายเลข 29

แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ตาราง 2) พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 72.5 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและแนวคิดไม่ถูกต้อง

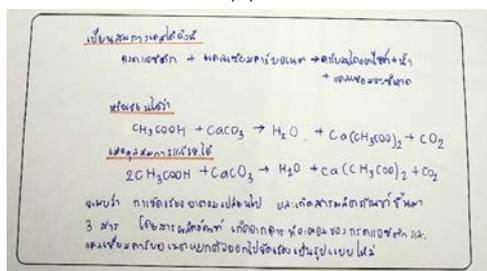
เมื่อผู้วิจัยพิจารณาคำตอบเป็นรายบุคคล พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง เช่น เมื่อพิจารณาจากคำตอบในแนวคิด

ย่อยสมการข้อความของนักเรียนหมายเลข 25 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากคำตอบโดยการเขียนสมการเคมีระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและกรดแอซิติค จนเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมแอซิเตต น้ำ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่ได้เขียนอธิบายกระบวนการอื่น ๆ เพิ่มเติม เมื่อพิจารณาคำตอบหลังเรียน พบว่า แนวคิดเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้อง โดยนักเรียนได้วาดลักษณะการจัดเรียงอะตอมของสารที่อ้างถึงในช่วงก่อนการจัดการเรียนรู้แต่มีการอธิบายเพิ่มเติมถึงกระบวนการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมของสารในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาของแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น (ภาพ 3ก และ 3ข) ภายหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งผู้วิจัยพยายามเชื่อม-

โยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสนใจมากขึ้น และจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน แนวคิดคลาดเคลื่อน และมีแนวคิดไม่ถูกต้องลดลง แต่จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (ภาพที่ 1)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 ภาพแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ก) ก่อนการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยการจัดการเรียงอะตอมของสาร และ (ข) ภาพแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยการจัดการเรียงอะตอมของสารของนักเรียนหมายเลข 25

สรุปและอภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิดในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังจากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดและดูวีดิทัศน์ ขั้นที่ 2 แสดงแบบจำลอง นักเรียนร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำการทดลองเรื่อง ปฏิกริยาเคมี และร่วมกันอธิบาย หลังจากทำการ

ทดลองครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและร่วมกันสร้างแบบจำลองอีกครั้งเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ในขั้นตอนนี้ครูสังเกตการทำกิจกรรมพบว่า ผู้เรียนสามารถลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้อง ในระหว่างการทดลองจะมีการร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับผลการทดลองของปฏิกริยาทางเคมี ขั้นที่ 3 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนร่วมกันประเมินและแก้ไขแบบจำลองในใบกิจกรรมโดยครูจะเป็นผู้คอยตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดและแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลอง และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง เป็นขั้นการศึกษาวิดิทัศน์เพิ่มเติม และร่วมกันสร้างแบบจำลองในหัวข้ออื่น ๆ ที่ได้จากวิดิทัศน์ หลังจากนั้นร่วมกันสรุปเรื่องปฏิกริยาเคมี และนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยประเมินผ่านแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์กับนักเรียนจำนวน 40 คน พบว่า ภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเชิงนามธรรมสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมการกระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนแบบจำลองในความคิดต่อเนื้อหาเชิงนามธรรมที่เป็นสิ่งเข้าใจยากให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Suradsrong and Kijkuakul (2020a) พบว่าการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นและมีแนวคิดคลาด

เคลื่อนลดลง อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Suradsrong and Kijkuakul (2020b) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนร้อยละ 80 มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์ทางเคมีได้

ในการเรียนรู้ของนักเรียน นักเรียนต้องรวบรวมและเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้ก่อนระหว่าง และหลังการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดและนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดนั้น ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนด้านเคมีสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับสาเหตุการใช้แบบจำลองในชั้นเรียนและแบบจำลองอาจถูกตีความเป็นเพียงตัวแทนปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หนึ่ง ๆ เท่านั้น (Chittleborough and Treagust, 2007) ในขณะที่ครูผู้สอนมีบทบาทหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนความเข้าใจผ่านการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด อธิบายเหตุผล สร้าง และพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มซึ่งส่งผลให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Faikhanta

and Supatchaiyawong, 2014) อีกทั้งยังพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 2 แนวคิดย่อย คือ การเขียนสมการข้อความ และการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยหัวข้อที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดย่อยสมการข้อความ จำนวน 22 คน ส่วนแนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบแนวคิดแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวนมากที่สุด คือ 29 คน ทั้งนี้ในทั้งสองแนวคิดย่อยยังพบนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงกลุ่มแนวคิดไปในทิศทางที่ดีขึ้นจากเดิม เหตุการณ์ดังกล่าวอาจเกิดจากขาดความสามารถในการเชื่อมโยงหรือประยุกต์ความรู้ที่ตนเองมีเข้าสู่บริบทใหม่ที่กำหนดขึ้น ดังนั้นการเลือกบริบทที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียนจะส่งผลเชิงบวกต่อความสนใจและแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จนสามารถนำไปต่อยอดสู่บริบทอื่น ๆ ได้ (Jong, 2008) ดังนั้นความสัมพันธ์ภายในกลุ่มเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้เช่นกัน (Krasaesin and Robroo, 2018)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากแนวคิดของตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาวิชาที่เป็นนามธรรม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลให้เนื้อหาวิชาที่มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรขยายขอบเขตการศึกษาเข้าสู่เนื้อหาอื่น ๆ ของวิชาเคมี หรือวิชาอื่น ๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ อีกทั้งแบบจำลองสามารถแสดงออกมาได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อความ รูปภาพ กราฟฟิก ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงมีความเหมาะสมกับนักเรียนหลากหลายระดับ การศึกษาในอนาคต

ควรนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวประยุกต์ใช้ใน ระดับชั้นที่หลากหลาย ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึง อุดมศึกษา เพื่อให้นักเรียนสามารถสะท้อน แนวคิดวิทยาศาสตร์ต่อปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

- Chittleborough, C. and Treagust, D. F. (2007). The modeling ability of non-major chemistry students and their understanding of the submicroscopic level. **Chemistry Education Research and Practice** 8(3): 274–292.
- Damrimungkit, A., and Kijkuakul, S. (2021). Mentor teacher' and pre-service teacher view on science teaching in the 21st century. **Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University** 8(2): 228–239. (in Thai)
- Faikhamta, C. (2015). **Professional Chemical Teaching Techniques**. Bangkok: Vista Inter Printing. (in Thai)
- Faikhamta, C., and Supatchaiyawong, P. (2014). Model-based learning. **Kasetsart Educational Review** 29(3): 86–99. (in Thai)
- Gobert, J. D., and Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education** 22(9): 891–894.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. **Journal of Research in Science Teaching** 34(2): 181–197.
- Harrison, A. G., and Treagust D. F. (2000). Learning about atom, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. **Science Education** 84(3): 352–381.
- Jansong, C., Pitipornatapin, S., Chumnanpuen, P., Hines, L. M., and Yokyong, S. (2022). Using socio-scientific issues-based teaching to develop grade 10 students' informal reasoning skills. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 43(1): 217–222.
- Jong, O. D. (2008). Context-based chemical education: how to improve it?. **Chemical Education International** 8(1): 1–7.
- Justi, R.; and Gillbert, J. K. (2002). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. **International Journal of Science Education** 24(4): 369–387.
- Krasaesin, C., and Robroo, I. (2018). Learning achievement in computer for the fifth grades applying cooperative learning by multimedia lesson application at Anuban Noem Kham School, Noen Kham District, Chainat Province. **NRRU Community Research Journal** 12(3): 222–231. (in Thai)
- Minister of Education. (2008). **The Basis Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)**. Bangkok: Thai Agricultural Coope-

- rative Printing. (in Thai)
- Najang, K. and Kaewdee, W. (2012). Effects of using model-centered instruction sequence on ability in making scientific model and concepts of laws of motion and types of motion of upper secondary school students. **OJED** 7(1): 1830–1844. (in Thai)
- Pananchai, K., Matarat, P., Tamuang, S., and Supasorn, S. (2018). Eleventh grade students' conceptual understanding and mental models on chemical equilibrium from learning by using inquiry incorporated with predict-observe-explain technique. **Journal of Science and Science Education** 1(1): 49–60. (in Thai)
- Phomphisutthimas, S. (2013). Learning management of science in 21st century. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment Learning** 4(1): 55–63. (in Thai)
- Phomphisutthimas, S. (2014). How do learning assessments assist learners to effectively learn sciences in the 21st Century? **RMUTSB Academic Journal** 2(1): 81–90. (in Thai)
- Pitiporntapin, S. (2013). **Scientific Learning Management and 21st-Century Society**. Bangkok: Boss printing. (in Thai)
- Potisen, P. and Faikhamta, C. (2017). How do I develop grade-11 students' mental models in the rate of reaction?: Classroom action research. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment Learning** 8(1): 101–122. (in Thai)
- Rattanakorn, P. (2023). The results of study creativity from learning management using infographics of mattayomsuksa 6 students. **International Academic Multidisciplinary Research Conference In Zurich 2023** (pp.174–180). Zurich, Switzerland.
- Suradsong, K., and Kijkuakul, S. (2020a). The Development of scientific concepts in organic compounds by using model-based learning for grade 12th students. **Journal of Education Naresuan University** 23(3): 205–216. (in Thai)
- Suradsong, K., and Kijkuakul, S. (2020b). Model-based learning approach integrated with augmented reality for enhancing grade 10 students' model-building skills and scientific conceptions in solution topic. **Journal of Education Naresuan University** 23(4): 46–57. (in Thai)
- Ulfa, A. M., Wiji, W., and Mulyani, S. (2020, March). Conception, threshold concepts and troublesome knowledge in chemical reactions topic. **Journal of Physics: Conference Series** 1521(4):1–6.