การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สุชาวดี สมสำราญ[1*] กฤติณ ทิพย์มณเฑียร[2] และฐาปนา จ้อยเจริญ[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมป์ คลองหลวง ปทุมธานี 13180; [2]โรงเรียนสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี 84000

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

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี 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) หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี แนวคิดย่อยสมการข้อความและการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยทดสอบด้วยแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์กับนักเรียนจำนวน 40 คน พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 2 แนวคิดย่อย โดยหัวข้อที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดย่อยสมการข้อความ จำนวน 22 คน ส่วนแนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบแนวคิดแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวนมากที่สุด คือ 29 คน ทั้งนี้ในทั้งสองแนวคิดย่อยยังพบนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงกลุ่มแนวคิดไปในทิศทางที่ดีขึ้นจากเดิม

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดวิทยาศาสตร์ ปฏิกิริยาเคมี

Development of Scientific Conceptions in "Chemical Reaction" of Matthayomsuksa 3 Students through Model–based Learning

Suchawadee Somsamran[1*], Krittin Tipmontiane[2] and Thapana Choicharoen[1]

[1]Program Study of Science, Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Klongluang, Pathumthani 13180, Thailand; [2]Suratthani 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 อีกนัยหนึ่งพัฒนาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้านี้ โดยมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนเรียนรู้การดำรงชีวิตในสภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ครูผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการค้นหาศักยภาพในตัวนักเรียนและพัฒนาศักยภาพนั้นให้เด่นชัดขึ้นผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย

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

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

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง เป็นวิธีการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อส่งเสริมศักยภาพและพัฒนาทักษะของผู้เรียน (Gobert and Buckley, 2000) แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นกระบวนการคิดและการกระทำเช่นนักวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจและการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (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 แต่โดยส่วนใหญ่พบว่าเนื้อหามักมีลักษณะเป็นนามธรรมหรือเนื้อหาที่นักเรียนไม่สามารถเห็นได้เชิงประจักษ์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งเพื่อให้นักเรียนสะท้อนแนวคิดเชิงนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเชื่อมโยงความรู้ระหว่างการเปลี่ยนแปลงระดับอนุภาคกับการทดลอง เช่น เนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเคมีที่นักเรียนต้องอธิบายการเข้าทำปฏิกิริยากันของสารตั้งต้นจนเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักเคมีจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการสร้างแบบจำลอง (models) เพื่ออธิบายและทำความเข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ (Justi and Gilbert, 2002; Panan-chai *et al*., 2018) อีกทั้งการเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมียังคงเป็นเรื่องซับซ้อนเนื่องจากผู้เรียนต้องเข้าใจความแตกต่างของธาตุ สารประกอบ อะตอม โมเลกุล รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารและการจัดเรียงอะตอมในการเกิดสารใหม่อีกด้วย (Ulfa *et al*., 2019) ดังนั้นในศตวรรษที่ผ่านมาการสร้างและใช้แบบจำลองทางเคมีจึงได้รับความสนใจอย่างมากเพื่อประยุกต์สู่การอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ จนก่อให้เกิดความรู้ทางเคมีมากมาย (Faikhamta, 2015)

จากแนวคิด งานวิจัย และสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เพื่อแก้ปัญหาด้านการเรียนรู้ และพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อันเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องมากขึ้น

วิธีดำเนินงานวิจัย

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

เครื่องมือที่ในการวิจัยและคุณภาพของเครื่องมือ 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 โดยมีรายละเอียดการสร้างและพัฒนาเครื่องมือดังนี้

1) การสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษา

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

- ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัด สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

- ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ ความหมาย และวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และออกแบบการจัดการเรียนการสอน

- จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ และสื่อการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด ขั้นที่ 2 แสดงแบบจำลอง ขั้นที่ 3 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง

- นำแผนการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมเพื่อหาค่าความเที่ยงตรง (IOC) โดยผลการวิเคราะห์หาค่า IOC พบว่ามีค่ามากกว่า 0.5

- นำแผนการจัดการเรียนการสอนมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งจึงแล้วนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2) การสร้างและพัฒนาแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์

- วิเคราะห์วัตถุประสงค์และเนื้อหาในการเรียนรู้ เพื่อสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

- สร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง แล้วจึงสร้างข้อคำถาม โดยแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีรายละเอียดในตาราง 1

ตาราง 1 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์	ตัวอย่างข้อคำถาม	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1.1 แนวคิดย่อยสมการข้อความ	การเกิดปฏิกิริยาเคมีในรูปแบบของสมการข้อความเพื่อแสดงถึงการเข้าทำกันจากการทดลอง (ปฏิกิริยาเคมีระหว่างเปลือกไข่และน้ำส้มสายชู)	ว 2.1 ม.3/3 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมถึงการจัด เรียงตัวใหม่ของอะตอมเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบ จำลองและสมการข้อความ	• การเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิด สารใหม่ โดยสารที่เข้าทำปฏิกิริยา เรียกว่า สารตั้งต้น สารใหม่ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ การเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการข้อความ • การเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมของสารตั้งต้นจะมี การจัดเรียงตัวใหม่ ได้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีสมบัติ แตกต่างจากสารตั้งต้น โดยอะตอมแต่ละชนิดก่อนและหลังเกิดปฏิกิริยาเคมีมีจำนวนเท่ากัน
1.2 แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี	การจัดเรียงอะตอมเมื่อเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างเปลือกไข่และน้ำส้มสายชู		

- นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมเพื่อหาค่าความเที่ยงตรง (IOC) โดยผลการวิเคราะห์หาค่า IOC พบว่ามีค่ามากกว่า 0.5 ทั้งหมด

- นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เก็บข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังการเก็บรวบรวมข้อมูล 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) จากนั้นวิเคราะห์ผลและสรุปผลการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และรายบุคคล

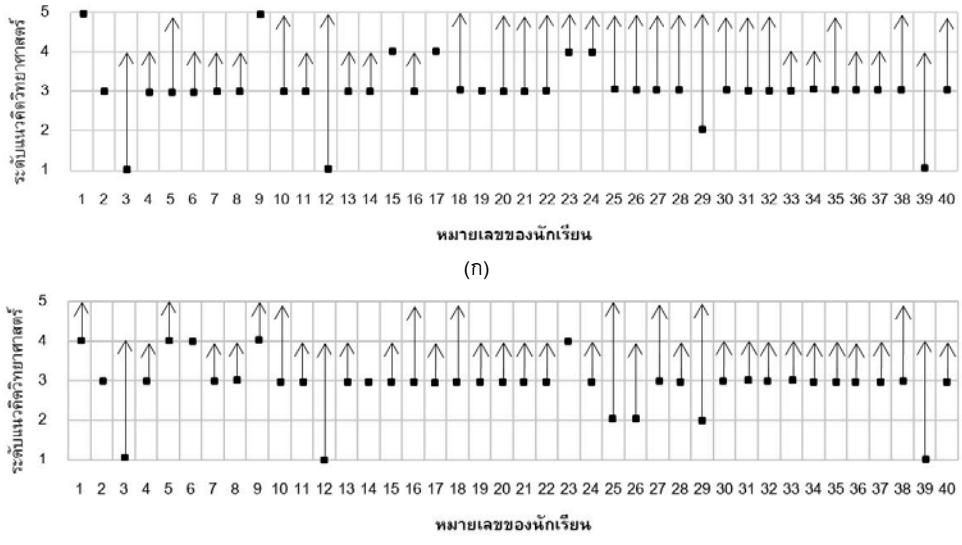
ผลการวิจัย

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

ตาราง 2 แนวคิดแต่ละประเภทเพื่อสะท้อนแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี (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
การจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี	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 ซึ่งประกอบด้วยSU หมายถึง แนวคิดถูกต้อง PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน PU/SM หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน และ MU หมายถึง แนวคิดไม่ถูกต้อง



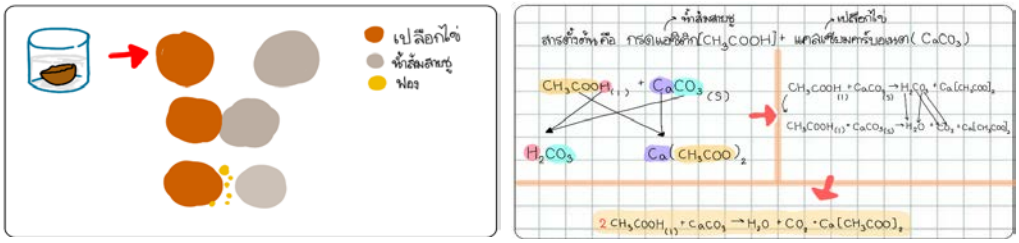
ภาพที่ 1 พัฒนาการแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี รายบุคคล (ก) แนวคิดย่อยสมการข้อ-ความ และ (ข) แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

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 แนวคิดย่อยสมการข้อความ หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำ-ลองเป็นฐาน พบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 ของจำนวนนักเรียนทั้ง-หมด โดยไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและแนวคิดไม่ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาคำตอบเป็นรายบุคคล (ภาพที่ 2) พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วน-ใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง เช่น เมื่อพิจารณาจากคำตอบในแนวคิดย่อยสมการข้อความของนักเรียนหมายเลข 29 (ภาพที่ 2ก) พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากคำตอบว่า สมการข้อความเกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยากัน ระหว่างโมเลกุลของเปลือกไข่และน้ำส้มสายชูจนเกิดฟองแก๊สขึ้น แต่เมื่อพิจารณาในเชิงลึกพบว่า นักเรียนไม่ได้แสดงถึงรูปแบบการเดินหน้าไปของปฏิกิริยาเคมีผ่านลักษณะของข้อความ ถึงแม้จะใช้รูปภาพประกอบการอธิบายก็ไม่สามารถสื่อถึงลักษณะการเข้าทำกันระหว่างสาร 2 ชนิด จนเกิดสารใหม่ขึ้นมา แต่เมื่อพิจารณาคำตอบหลังเรียน พบว่า แนวคิดเปลี่ยนไปอยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้อง (ภาพที่ 2ข) โดยการให้น้ำส้ม-สายชู (กรดแอซิติก) และเปลือกไข่ (แคลเซียม

คาร์บอเนต) เป็นสารตั้งต้น และมีการใช้ลูกศรเพื่อแสดงการเดินหน้าไปของปฏิกิริยาเคมีจนเกิดผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยนักเรียนได้แสดงการจัดเรียงอะตอมของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นอีกด้วย อย่างไรก็ตามยังพบนักเรียนที่ก่อนและหลังเรียนยังมีแนวคิดอยู่กลุ่มเดิม เช่น นักเรียนหมายเลข 15 ก่อนเรียนแนวคิดอยู่กลุ่มมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จากคำตอบ “แคลเซียมคาร์บอเนต + กรดแอซิติก ⟶ แคลเซียมแอซิเทต + น้ำ + แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์” ในขณะที่หลังเรียน คำตอบของนักเรียนยังคงอยู่กลุ่มเดิม โดยนักเรียนเปลี่ยนจากคำบรรยายชื่อสารภาษาไทย เป็นสูตรเคมีสากล ซึ่งไม่สะท้อนถึงการพัฒนาของแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ (ภาพที่ 1)



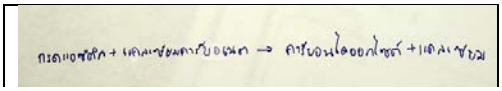
(ก) (ข)

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

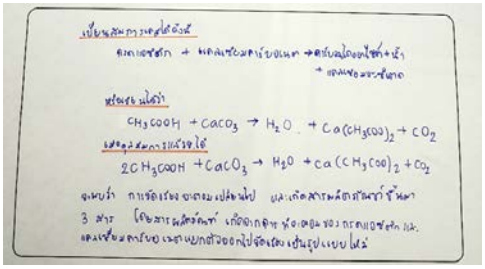
แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมในการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ตาราง 2) พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 72.5 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน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

เมื่อผู้วิจัยพิจารณาคำตอบเป็นรายบุคคล พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง เช่น เมื่อพิจารณาจากคำตอบในแนวคิดย่อยสมการข้อความของนักเรียนหมายเลข 25 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้จัดอยู่ในกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน จากคำตอบโดยการเขียนสมการเคมีระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและกรดแอซิติก จนเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมแอซิเทต 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) ก่อนการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสาร และ (ข) ภาพแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสารของนักเรียนหมายเลข 25

สรุปและอภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิดในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังจากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดและดูวีดิทัศน์ ขั้นที่ 2 แสดงแบบจำลอง นักเรียนร่วมกันศึกษาเนื้อหา ทำการทดลองเรื่องปฏิกิริยาเคมี และร่วมกันอธิบาย หลังจากทำการทดลองครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายและร่วมกันสร้างแบบจำลองอีกครั้งเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ในขั้นตอนนี้ครูสังเกตการทำกิจกรรม พบว่า ผู้เรียนสามารถลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนได้ถูกต้อง ในระหว่างการทดลองจะมีการร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับผลการทดลองของปฏิกิริยาทางเคมี ขั้นที่ 3 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนร่วมกันประเมินและแก้ไขแบบจำลองในใบกิจกรรมโดยครูจะเป็นผู้คอยตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดและแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลอง และขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง เป็นขั้นการศึกษาวีดิทัศน์เพิ่มเติม และร่วมกันสร้างแบบจำลองในหัวข้ออื่น ๆ ที่ได้จากวีดิทัศน์ หลังจากนั้นร่วมกันสรุปเรื่องปฏิกิริยาเคมี และนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยประเมินผ่านแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์กับนักเรียนจำนวน 40 คน พบว่า ภายหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเชิงนามธรรมสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเชิงบวกต่อการกระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนแบบจำลองในความคิดต่อเนื้อหาเชิงนามธรรมที่เป็นสิ่งเข้าใจยากให้ชัดเจนขึ้น 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 นักเรียนต้องรวบรวมและเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้ก่อน ระหว่าง และหลังการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดและนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดนั้น ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบบจำลองในการเรียนการสอนด้านเคมีสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับสาเหตุการใช้แบบจำลองในชั้นเรียนและแบบจำลองอาจถูกตีความเป็นเพียงตัวแทนปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หนึ่ง ๆ เท่านั้น (Chittleborough and Treagust, 2007) ในขณะที่ครูผู้สอนมีบทบาทหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนสะท้อนความเข้าใจผ่านการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด อธิบายเหตุผล สร้าง และพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มซึ่งส่งผลให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Faikhamta and Supatchaiyawong, 2014) อีกทั้งยังพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 2 แนวคิดย่อย คือ การเขียนสมการข้อความ และ การจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยหัวข้อที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดย่อยสมการข้อความ จำนวน 22 คน ส่วนแนวคิดย่อยการจัดเรียงอะตอมของสารในการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบแนวคิดแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวนมากที่สุด คือ 29 คน ทั้งนี้ในทั้งสองแนวคิดย่อยยังพบนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงกลุ่มแนวคิดไปในทิศทางที่ดีขึ้นจากเดิม เหตุการณ์ดังกล่าวอาจเกิดจากขาดความสามารถในการเชื่อมโยงหรือประยุกต์ความรู้ที่ตนเองมีเข้าสู่บริบทใหม่ที่กำหนดขึ้น ดังนั้นการเลือกบริบทที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียนจะส่งผลเชิงบวกต่อความสนใจและแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจนสามารถนำไปต่อยอดสู่บริบทอื่น ๆ ได้ (Jong, 2008) ดังนั้นความสัมพันธ์ภายในกลุ่มเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้เช่นกัน (Krasaesin and Robroo, 2018)

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

ควรนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวประยุกต์ใช้ในระดับชั้นที่หลากหลาย ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงอุดมศึกษา เพื่อให้นักเรียนสามารถสะท้อนแนวคิดวิทยาศาสตร์ต่อปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้อย่างชัดเจน

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., Pitiporntapin, 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)

Phornphisutthimas, 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)

Phornphisutthimas, 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.