

การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับ
สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
Development of scientific concepts using the 5Es inquiry-based instructional
model combined with the interactive PhET simulation of grade 10th students

ณัฐดนัย นีรุตดีเมธีกุล^{1*} และอรรถกานท์ ทองแดงเจือ²

Natdanai Nirutmeteeekul^{1*} and Authakarn Thongdaengjua²

¹คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 12120

²โรงเรียนธัญบุรี ปทุมธานี 12130

¹Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathum Thani

²Thanyaburi School

*Corresponding Author E-mail: natdanai.ni@vru.ac.th

Received: (November 9, 2022) ; Revised: (March 30, 2023) ; Accepted: (March 31, 2023)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนธัญบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนรวม 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ รวมเวลาสอน 18 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ 2) แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

คำสำคัญ: วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น, สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET, มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The research aimed to compare the students' understanding of chemical reactions before and after the use of 5E instructional model in combination with the interactive PhET simulation. Three lessons covering 18 hours designed based on 5E instructional model in combination with the interactive PhET simulation of chemical reaction rates were taught to 37 grade 10 students of sciences and mathematics program . A scientific concept test and student's behavior observation were used for data collection. The statistics used in the analysis were mean, Standard Deviation, and t-test. The results showed that students studying with the 5E instructional model combined with the interactive PhET simulation had statistically higher post-test scientific concepts scores at the statistical significance level of .05.

Keywords: The 5E Inquiry-Based Instructional Model, The interactive PhET simulation, Scientific concepts

บทนำ (Introduction)

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับสาร รวมไปถึงคุณสมบัติ โครงสร้างภายใน และการเปลี่ยนแปลงของสาร ทั้งในระดับมหภาค (Macroscopic Level) เป็นระดับที่สารเกิดขึ้นจริงและสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ระดับจุลภาค (Sub-microscopic Level) เป็นระดับที่สารเกิดขึ้นจริง แต่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า กล่าวคือ เป็นการเกิดในระดับอะตอม โมเลกุล ไอออนหรืออนุภาคและระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) เป็นระดับที่ใช้ตัวแทนเพื่ออธิบายการเกิดขึ้นจริงของสาร ได้แก่ การใช้สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร หรือเครื่องหมาย การศึกษาเนื้อหาวิชาเคมีในบางครั้ง เป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน ต้องอาศัยการทำความเข้าใจและการวิเคราะห์ ระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ ให้เกิดความเชื่อมโยงทั้ง 3 ระดับ ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียนโดยเฉพาะนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 4 ห้อง พบว่านักเรียนจำนวนมากไม่เข้าใจเนื้อหาในหลายหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นเพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคของสารในระดับโมเลกุลได้ หรือการเกิดขึ้นในระดับจุลภาค (Sub-microscopic Level) จึงเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Mis Understanding) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะแก้ปัญหาและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้ดังกล่าว โดยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มุ่งเน้นให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es โดยมีกระบวนการที่สำคัญ 5 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย 1. ขั้นสร้างความสนใจ

(Engagement) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) 5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (Active Learning) เป็นการจัดการเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยวิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และค้นพบความจริงจากปรากฏการณ์ ผ่านการกระตุ้นให้เกิดคำถาม การคิด การลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์

นอกจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในปัจจุบันจำเป็นต้องมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการสอนเพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวดที่ 9 เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา มาตราที่ 66 ระบุว่า ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในโอกาสแรกที่ได้เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 และการศึกษาของนินานท์ จันทรสุรีย์ และนวิชญ์ รักษ์บำรุง (2561) กล่าวว่า ในปี ค.ศ. 2006 Punya Mishra และ Matthew J. Koehler นักวิชาการการศึกษาด้านเทคโนโลยีศึกษา มหาวิทยาลัยแห่งรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา นำเสนอกรอบแนวคิดที่ต่อยอดจากความรู้ด้านศาสตร์การสอนผนวกเนื้อหา (Pedagogical Content Knowledge : PCK) ไปสู่ความรู้เนื้อหาผสมผสานวิธีการสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPCK) คือหลักและแนวทางในการผสมผสานความรู้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge : CK) สารระ, ข้อมูล, แนวคิด, หลักการที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาการในหลักสูตรที่ต้องการที่จะถ่ายทอดไปยังนักเรียน, ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge : PK) ความรู้ความสามารถของผู้สอนที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการเรียนการสอนให้กับนักเรียนหรือที่เกี่ยวกับวิธีการถ่ายทอดความรู้และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge : TK) หมายถึง ความรู้ความสามารถของผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้สื่ออุปกรณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา ทั้งในเรื่องของซอฟต์แวร์ (Software) และ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) การผสมผสานความรู้ 3 ด้านช่วยให้การสอนโดยการนำเทคโนโลยีมาให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีและเร็วขึ้น

สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET (The interactive PhET simulation) เป็นโปรแกรมแอนิเมชันออนไลน์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากมหาวิทยาลัยโคโลราโด (University of Colorado Boulder) ออกแบบมาเพื่อสร้างความสนุกและให้นักเรียนสามารถเข้าถึงได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย โปรแกรมเข้าถึงการมีปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการเรียนรู้ เกี่ยวกับประสบการณ์ทางกายภาพ ลดความซับซ้อนของเนื้อหาวิชาและส่งเสริมการพัฒนามโนคติจากการอธิบายปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ เปลี่ยนรูปแบบจากนามธรรมเป็นรูปธรรม ผลจากการศึกษาของ นินานท์ จันทรสุรีย์ และนวิชญ์ รักษ์บำรุง (2561) พบว่า สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ส่งผลต่อการเรียนรู้เป็นอย่างดีต่อความเข้าใจมโนคติ (Conceptual Understanding) และทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการ

เรียนเคมีมากขึ้น การใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่เกิดประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมากที่สุด คือใช้สถานการณ์จำลองร่วมกับการลงมือปฏิบัติการทดลองในชั้นเรียน จากผลการศึกษาผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยนำสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ผสมผสานกับขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ของวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เพื่อส่งเสริมการทำความเข้าใจและค้นหาคำตอบการเปลี่ยนแปลงอนุภาคของสารในระดับโมเลกุล (Sub-microscopic Level) จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับมหภาค (Macroscopic Level) ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) และเชื่อมโยงคำตอบไปสู่ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level)

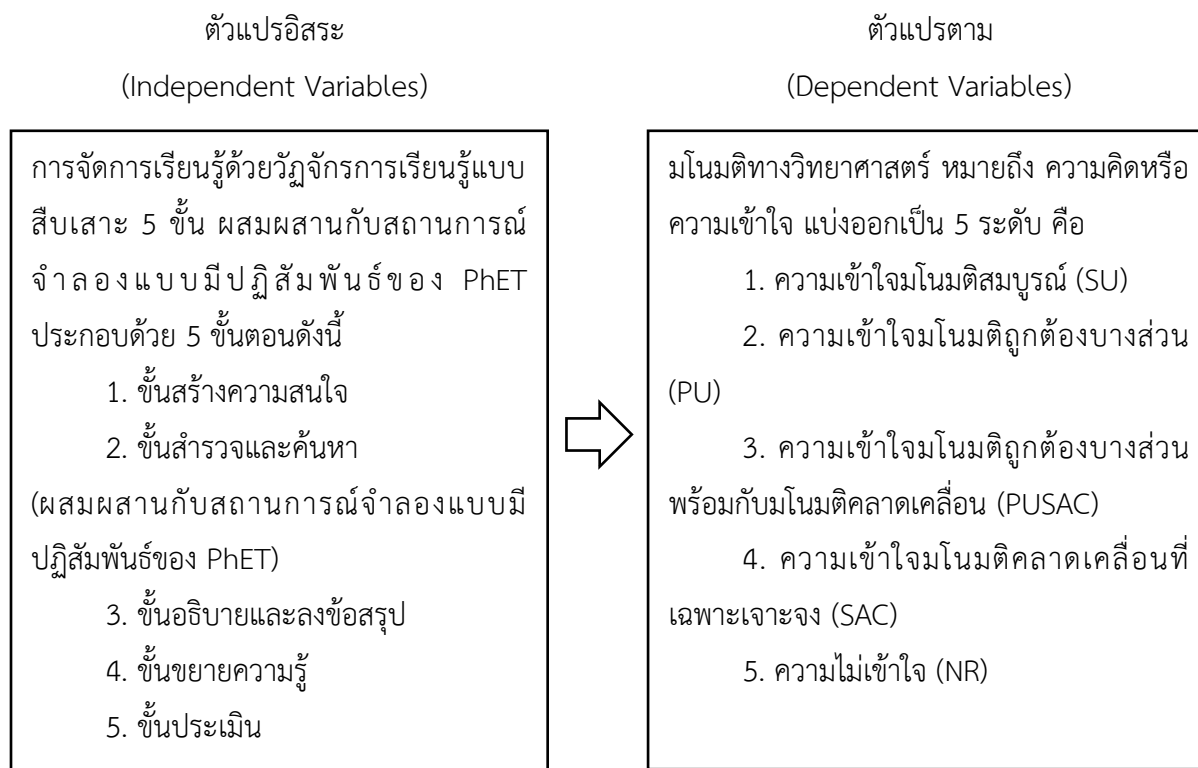
การพัฒนาโมดูลทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนการเรียนรู้ในระดับสูง และสามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็ว โดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ในยุโรปและอเมริกา ได้ยึดถือกระบวนการสำคัญที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาโมดูลทางวิทยาศาสตร์ คือการเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) จากการสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากนักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดขั้นสูง คือการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความเป็นมาของเนื้อหาทำให้เกิดการจดจำได้ยาวนาน (นินานท์ จันทรสุรีย์และนวัศัญญ์ รักษาบำรุง, 2561)

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2562 ที่ดำเนินการทดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ระดับประเทศ พบว่า หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ถูกจัดอยู่ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร วิชาวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสาระอื่น จากสภาพปัญหาและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ผสมผสานกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ตามกรอบแนวคิดความรู้เนื้อหาผานวิธีสอนและเทคโนโลยี เพื่อแก้ไขปัญหาและพัฒนาโมดูลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อีกทั้งเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการนำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objective)

เพื่อเปรียบเทียบโมดูลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)



ภาพที่ 1 ภาพภูมิแสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

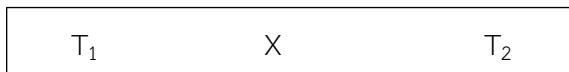
สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis)

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET จะมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย (Method)

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเบื้องต้น (Pre-Experiment Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One group pretest – posttest design (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้



สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

T_1	หมายถึง	การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้
X	หมายถึง	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET
T₂ หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนธัญบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา ปทุมธานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนรวม 37 คน เป็นกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งได้มาจากการเลือก กลุ่มเป้าหมายแบบมีจุดมุ่งหมาย (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมายมีลักษณะเก่ง ปานกลาง อ่อนคละก้นไป เพื่อจัดกลุ่มย่อย ตามรูปแบบของการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ
2. กลุ่มเป้าหมายมีการเรียนตรงตามเนื้อหาที่จะทำวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลอง แบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ รวมเวลาสอน 18 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ปัจจัย ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับโม นิตที่ต้องการทดสอบ (IOC) มีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.0 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

2. แบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชุด แต่ละชุด ประกอบด้วย แบบวัดมโนคติบ่ก่อนเรียนและแบบวัดมโนคติบ่หลังเรียนซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนาน แบ่งเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 วัดมโนคติเรื่องความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชุดที่ 2 วัดมโนคติเรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชุดที่ 3 วัดมโนคติเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติมเล่ม 3 ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) ความหมายและการคำนวณอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยแบบวัดแต่ละข้อวัดในระดับความเข้าใจ (Understanding) ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการ เรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET แบบวัดมโนคติเรื่องอัตรา

การเกิดปฏิกิริยา ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดอัตนัย (Subjective) จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน คะแนนรวม 40 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนน คือ การไม่ตอบจะได้ 0 คะแนน การตอบที่แสดงถึงการมีโนมิตีที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจงได้ 1 คะแนน การตอบที่แสดงถึงการมีโนมิตีถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีโนมิตีที่คลาดเคลื่อนได้ 2 คะแนน การตอบที่แสดงถึงการมีโนมิตีถูกต้องบางส่วนได้ 3 คะแนน การตอบที่แสดงถึงการมีโนมิตีครบถ้วนสมบูรณ์ได้ 4 คะแนน โดยแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ทุกฉบับได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนมิตีที่ต้องการทดสอบ (IOC) มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6 - 1.0 ถือว่าข้อสอบทุกข้อสามารถวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับมโนมิตีที่ต้องการทดสอบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการทดสอบของแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 3 ชุด มาหาค่าความยากง่าย (Difficulty) จากดัชนีความยากง่ายของข้อสอบ (Index of Difficulty) มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.5 แปลผลคือ ยากพอเหมาะ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) จากดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Index of Discrimination) มีค่าเฉลี่ยของดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.6 - 0.7 แปลผลคือ จำแนกดี (รังสรรค์ มณีเล็กและคณะ, 2546)

3. แบบสังเกตพฤติกรรม ใช้สำหรับบันทึกเหตุการณ์ และพฤติกรรมของนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้สะท้อนผลการดำเนินการในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยสังเกตพฤติกรรมได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดอยู่ระหว่าง 0.6 - 1.0 เมื่อแปลผลถือว่าใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ (Kimmiss & McTaggart, 1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน และดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

สำรวจปัญหานักเรียนด้านความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย ในหน่วยการเรียนรู้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อหานักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ต่ำกว่า SAC พร้อมทั้งหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการพัฒนาความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมาย แล้วกำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือวิจัยที่สร้างขึ้นเสนอต่อ

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2. ขั้นปฏิบัติการ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระยะเวลา 7 ชั่วโมง วงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระยะเวลาสอน 3 ชั่วโมงและวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระยะเวลา 8 ชั่วโมง โดยนำแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แบบวัดมโนคติฉบับก่อนเรียนชุดที่ 1 วัดมโนคติเรื่องความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แบบวัดมโนคติฉบับก่อนเรียนชุดที่ 2 วัดมโนคติเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและวงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้แบบวัดมโนคติฉบับก่อนเรียนชุดที่ 3 วัดมโนคติเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมในระหว่างการจัดการเรียนรู้และประเมินความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนำแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ ได้แก่ ก่อนเรียนและหลังเรียน วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ ได้แก่ ก่อนเรียนและหลังเรียน และวงจรปฏิบัติการที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ฉบับ ได้แก่ ก่อนเรียนและหลังเรียน

4. ขั้นสะท้อนผลการทดลอง (Reflect)

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลและสะท้อนผลจากแบบสังเกตพฤติกรรมและแบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อสรุปที่ได้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมาใช้ในการปรับปรุงและออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการมาสรุปว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 2 และวงจรปฏิบัติการที่ 3

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการสอนที่วิจัยได้เก็บรวบรวมในระหว่างการทดลองมาศึกษา วิเคราะห์และประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ว่าเหมาะสมหรือไม่อย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

ผลการวิจัย (Results)

จากการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน ปรากฏผลด้วยวงจรปฏิบัติการต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 37 คน ถูกวัดมโนคติเรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 ฉบับก่อนเรียนและหลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 ฉบับหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 ฉบับก่อนเรียน แสดงคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.
ก่อนเรียน	37	40	1.84	1.33
หลังเรียน			31.76	4.04

จากตารางที่ 1 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 1.84 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.33 ส่วนคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 31.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ

4.04 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 37 คน ภู่วัดมโนคติเรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2 ฉบับก่อนเรียน และหลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2 ฉบับหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2 ฉบับก่อนเรียน แสดงคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.
ก่อนเรียน	37	40	3.81	2.43
หลังเรียน			32.68	2.88

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 3.81 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.43 ส่วนคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 32.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.88 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 3

ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 37 คน ภู่วัดมโนคติเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 3 ฉบับก่อนเรียนและหลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 3 ฉบับหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 3 ฉบับ

ก่อนเรียน แสดงคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.
ก่อนเรียน	37	40	5.51	2.14
หลังเรียน			35.84	2.68

จากตารางที่ 3 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.51 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.14 ส่วนคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 35.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.68 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนมโนคติเฉลี่ยก่อนเรียน

จากการวิเคราะห์ผลการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สามารถช่วยพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้นและในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มของคะแนนมโนคติเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเพิ่มขึ้นทุกวงจร

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากการศึกษาการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สามารถอภิปรายผลในภาพองค์รวมของข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยซึ่งจะทำให้เห็นความสัมพันธ์กันในแต่ละส่วนที่ศึกษา ดังนี้

เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ซึ่งประกอบด้วย 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) นักเรียนตั้งประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น ทำไมอาหาร

เกือบทุกชนิดใช้ระยะเวลาเปลี่ยนสภาพจากของสตกกลายเป็นของเน่าเสียได้เร็วและช้าแตกต่างกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าในระดับมหภาค (Macroscopic Level) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนค้นคว้าคำตอบจากใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เป็นการศึกษาในระดับโมเลกุลการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าในระดับจุลภาค (Sub-microscopic Level) 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนอธิบายข้อค้นพบและลงข้อสรุปโดยใช้สัญลักษณ์ ตัวเลข ตัวอักษร หรือเครื่องหมาย เพื่อเป็นตัวแทนอธิบายการเกิดขึ้นจริงของสารในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Level) 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนนำข้อค้นพบปรับใช้กับสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก แต่มีโรงงานหนึ่งที่ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการปฏิกิริยาการเผาไหม้สู่ชั้นบรรยากาศของโลกเกินข้อกำหนดที่ 3.00 Ms-1 หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องการลดภาวะเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โลกร้อนอุณหภูมิสูงขึ้น นักเรียนจะมีวิธีการใดบ้างที่จะตรวจสอบโรงงานที่สงสัยและทำอะไร ในฐานะที่เป็นนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถนำข้อค้นพบ คือ การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแก๊ส มาปรับใช้กับสถานการณ์ได้ 5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินการพัฒนาการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่เป็นความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและมีความเข้าใจแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลงและนักเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้น โดยก่อนการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิด เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เท่ากับ 1.84, 3.81 และ 5.51 ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิด เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เท่ากับ 31.76, 32.68 และ 35.84 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนและหลังการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลวิจัยของ นินานท์ จันทรสุรีย์ และนวัชฎ์ รักษาบำรุง (2561) ศึกษาความรู้ เนื้อหาฐานวิธีสอนและเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เนื้อหาฐานวิธีสอนและเทคโนโลยี เป็นการเรียนรู้โดยใช้การจำลองอนุภาคของสาร (ไอออน, โมเลกุล และ อะตอม) จากเทคโนโลยี เพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนรู้วิชาเคมีทั้ง 3 ปรากฏการณ์ สามารถส่งเสริมการพัฒนาความเข้าใจ หรือ ความเข้าใจแนวคิดได้มากขึ้นและสอดคล้องกับผลวิจัยของ จตุพร พงศ์พิระ และประสาธ เนืองเฉลิม (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนานักเรียนทางด้านความรู้ความเข้าใจถึงระดับสูงสุด

มีความสามารถที่จะคิดอย่างมีเหตุผลกับปัญหาทุกชนิดและสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างมีระบบ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนคติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจาที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเป็นระบบมีเหตุผล มีความสนใจ สนุกสนาน กระตือรือร้นในการเรียน มีความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความรับผิดชอบมากขึ้น และมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลวิจัยของ ทิพย์รัตน์ มังกรทอง (2558) ที่พบว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาพฤติกรรมด้านการให้เหตุผล พฤติกรรมการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียนและส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ขาดความรับผิดชอบไปในทางที่ดีขึ้น มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น และสอดคล้องกับผลวิจัยของศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ (2559) ที่พบว่าการใช้ความรู้เนื้อหาผสมผสานวิธีการสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPCK) ส่งเสริมคุณลักษณะความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ของนักเรียน พัฒนาองค์ความรู้ในตัวเอง ความคิดสร้างสรรค์และทักษะการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำเสนอผลวิจัยดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คะแนนความเข้าใจโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์พบว่า ก่อนการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET มีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจโน้มน้าวเรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เท่ากับ 1.84, 3.81 และ 5.51 ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เท่ากับ 31.76, 32.68 และ 35.84 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยหลังการสอนมีความแตกต่างกัน

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET สามารถช่วยพัฒนาโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ (Suggestions)

- ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปประยุกต์ใช้

1. ครูผู้สอนควรเน้นปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน (Macroscopic Level) นำเข้ามาในการเรียนรู้ให้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET อธิบายในระดับจุลภาค (Sub-microscopic Level) จากปรากฏการณ์และเขียนออกมาในรูปสัญลักษณ์ (Symbolic Level) เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงแนวคิดเคมีทั้ง 3 ระดับ

- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการประเมินความพึงพอใจต่อนวัตกรรม และนำการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในระดับชั้นอื่น ๆ

2. ควรมีการศึกษาตัวแปรด้านอื่น ๆ เช่น ตัวแทนความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาตัวแทนความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนต่อไป

เอกสารอ้างอิง (Reference)

กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542.

<https://t.ly/lTYy>

จตุพร พงศ์พิระ, และประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2560). รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารราชพฤกษ์, 15(3), 24-35.

ทิพย์รัตน์ มั่งกรทอง. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา].

http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56910202.pdf

นินานท์ จันทร์สุรย์, และนงศิษฐ์ รัชชบำรุง. (2561). ความรู้เนื้อหาแผนการสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1(1), 109-121.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้นฉบับปรับปรุงใหม่. (พิมพ์ครั้งที่ 8). สุวีริยาสาส์น.

รังสรรค์ มณีเล็ก, วรรณดี แสงประทีปทอง, บุญศรี พรหมมาพันธุ์, บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, ทศนีย์ ขาดิ

- ไทย, กัญจนนา ลินทรัตน์ศิริกุล, กานดา พูนลาภทวี, ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์, พิศเพลิน เขียวหวาน, จินตนา ธนวิบูลย์ชัย, ภาวิณี ศรีสุขวัฒนานันท์, สุจิตรา หังสพฤกษ์, นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม, เบญจมาภรณ์ โหตร ภาวนนท์, สุพัทธ์ พิบูลย์, พิมพ์า สมใจ, และชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2546). “มิติใหม่ทางการศึกษา” ทิศทางการจัดการศึกษาในอนาคต. สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2543) เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สุวีริยาสาส์น.
- ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ. (2559). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของครูวิทยาศาสตร์ เพื่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการบริบทชุมชนท้องถิ่นและปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 12(2), 107-139.
- Kimmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer (3rd ed.)*. Deakin University