



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

Development of Learning Achievement and Experimental Skills on Chemical Reactions by Using 5Es Inquiry Learning Incorporated with POE Technique

ณัฐนันท์ เฉลียวพงษ์^{1,2} และ ศักดิ์ศรี สุภาธร^{2,3*}

Natthanun Chaliawpong^{1,2}, and Saksri Supasorn^{2,3*}

โรงเรียนโยธอรรถพิทยาคม¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา² และ ภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี^{3*}

Yasothonpittayakom School¹, Master of Science Program in Science Education², & Department of Chemistry and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University^{3*}

Received: May 11, 2020 Revised: June 25, 2020 Accepted: June 26, 2020

บทคัดย่อ

การเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการสอนวิทยาศาสตร์มาหลายทศวรรษ และการบูรณาการเทคนิคที่น่าสนใจอื่นๆ เข้ากับการเรียนรู้แบบสืบเสาะก็ได้ผลที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้น การวิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยการบูรณาการเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจและชั้นขยายความรู้ของการสืบเสาะ 5Es และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนโยธอรรถพิทยาคม จำนวน 41 คน ที่เรียนด้วยกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนในชั้นสร้างความสนใจร่วมกับกิจกรรมทำนายที่เน้นการตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การสำรวจและอธิบายข้อมูลตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบ 5Es ต่อไป (5 แผน รวม 10 คาบ) และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ซึ่งเป็นแบบปรนัยจำนวน 28 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (mean 21.34, S.D. 1.80) สูงกว่าก่อนเรียน (mean 6.98, S.D. 1.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ ($t > t_{table}$) เท่ากับ 0.68 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความก้าวหน้าปานกลาง และนักเรียนมีทักษะการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 78.57 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก แสดงว่าการสอดแทรกเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายเข้าไปในชั้นสร้างความสนใจของการเรียนรู้แบบสืบเสาะสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรมในขั้นตอนต่างๆ ของการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย ปฏิกริยาเคมี ทักษะการทดลอง

*Corresponding author. Tel.: 081 854 6288

Email address: saksri.s@ubu.ac.th

Abstract

Inquiry learning is one of an effective technique used in teaching science for many decades. Integration of other interesting technique into the inquiry could lead to the more effective learning outcomes. Therefore, this study aimed to develop inquiry learning activities on chemical reactions by incorporating predict-observe-explain technique in the engagement and elaboration steps of 5Es inquiry. Learning achievement and experimental skill of 41 grade-8 students at Yasothon Pittayakom School during the academic semester 1/2019 who participated in this study were investigated. The scientific-oriented question and prediction were used to draw students' attention and motivation in forming a hypothesis for the question during the engagement step and to further explore and explain the data via the inquiry process. The data was gathered by using the learning achievement test of chemical reactions, 28 multiple choice items. The dependent samples t-test analysis indicated that the students' post-test score (mean 21.34, S.D. 1.80) was statistically significantly higher than their pre-test score (mean 6.98, S.D. 1.94) at the 95% confidence level. The normalized gain ($\langle g \rangle$) was 0.68, medium gain. The students had the percentage for experimental skill was 78.57%. This verified that the integration of predict-observe-explain technique in the engagement step of 5Es inquiry learning was effective to motivate students, lead them to actively participate in each step of inquiry, and develop their learning achievement as well as experimental skills.

Keywords: Inquiry learning, predict-observe-explain, chemical reaction, experimental skills

■ บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมุ่งให้นักเรียนเข้าใจหลักการและทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถนำความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนส่งเสริมให้จัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, 2551) ซึ่งครูต้องจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของนักเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองส่งผลได้รับความรู้ที่คงทน นอกจากนี้ทักษะการทดลองเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ที่ดีจะมีทักษะการทดลองที่ดีด้วย ดังนั้นนักเรียนที่มีทักษะการทดลองที่ดีจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้นด้วย (มีรันตี โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสถา, 2557) ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ผึกคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง จึงทำให้เข้าใจและเกิดทักษะกระบวนการ มีความรู้สร้างสรรค์ และยังสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลด้วย

โรงเรียนโยธรพิทยาคมเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษที่มีจำนวนนักเรียนมาก รวมถึงจำนวนนักเรียนต่อห้องมากด้วย การจัดการเรียนรู้ค่อนข้างลำบากโดยเฉพาะนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ส่วนใหญ่ขาดความกระตือรือร้น ขาดความสนใจในการเรียนรู้ในห้องเรียน นอกจากนี้ธรรมชาติของรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมองว่าเป็นวิชาที่ยาก ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต่ำ จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยในการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนโยธรพิทยาคมในปีการศึกษา 2559-2561 ที่ผ่านมาพบว่าเนื้อหาเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เป็นเนื้อหาที่นักเรียนส่วนมากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ สืบเนื่องจากคะแนนการทดสอบรายจุดประสงค์ คะแนนใบงานหรือชิ้นงานต่าง ๆ ของนักเรียนจะได้คะแนนต่ำกว่าเนื้อหาอื่น ๆ ในระดับเดียวกัน เหตุผลที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ นักเรียนคิดว่าเนื้อหาเกี่ยวกับเคมีเป็นเนื้อหาที่ซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็นได้ ยากต่อความเข้าใจ ทำให้นักเรียน

ไม่ได้ตอบ ขาดความสนใจ ไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นในระหว่างเรียน และเมื่อทำแบบทดสอบทำให้ได้คะแนนค่อนข้างต่ำ (กฤษฎา พันธ์ชัย และคณะ, 2560)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ และพัฒนาความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (พนัสดา มาตรา สุขภาพ ตาเมือง และศักดิ์ศรี สุภาพร, 2559; กฤษฎา พันธ์ชัย และคณะ, 2560) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ที่เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจและเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้ผู้วิจัยเชื่อว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามลำดับที่ละขั้นตอนจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น (อิกมะฮ์ อาแวจจิ และศักดิ์ศรี สุภาพร, 2558; ใฝ่ พันธ์งาม และศักดิ์ศรี สุภาพร, 2560) นอกจากนี้การทำกิจกรรมซ้ำรูปแบบเดิมโดยใช้สถานการณ์ที่ต่างออกไปจะช่วยเพิ่มความเข้าใจ และทำให้นักเรียนจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยจัดกิจกรรมทำนาย (Predict) ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) จัดกิจกรรมสังเกต (Observe) ในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) จัดกิจกรรมอธิบาย (Explain) ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) และจัดกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) ซ้ำอีกครั้งในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) โดยใช้สถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากเดิมแต่ยังเป็นเนื้อหา และใช้รูปแบบเดิม ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวจะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้เช่นกัน

■ จุดประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและศึกษาคะแนนความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย
- 2) ศึกษาทักษะการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหา 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการวิเคราะห์และสรุปผลจากข้อมูลที่ได้ 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงหรืออธิบายเหตุการณ์อื่น ๆ และ 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินนักเรียนในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Science inquiry) จึงเป็นกิจกรรมหรือวิธีการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จักค้นคว้าหาเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำ, 2551; Good, 1973) ในการสำรวจ ตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล ร่องรอยหลักฐานต่าง ๆ มาใช้ในการอธิบายปัญหาหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (ชาตรี ฝ่ายคำ, 2551) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น (ปราณชลี นนทะวัน และคณะ, 2558) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น (วรนนท์ ช้อยกิตติพันธ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา, 2558) ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (บุษยา แสงทอง และสุภาพร พร

ไตร, 2559) และพัฒนาสติปัญญาของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง (ศักดิ์ศรี สุภาขร, 2554) ยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดความคงทนในการเรียน (สุธาทิพย์ บุญส่ง และสุภาพร พรไตร, 2559)

การเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain; POE) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ 2) ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือค้นคว้าหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งที่ทำนายไว้ 3) ขั้นอธิบาย (Explain) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องอธิบายผลการทดลองเปรียบเทียบกับสิ่งที่นักเรียนทำนายไว้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สำรวจและค้นหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนเอง (Karisook & Tipparach, 2010) นักเรียนได้วางแผนและลงมือปฏิบัติ รวมถึงอธิบาย เปรียบเทียบระหว่างการทำนายกับผลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล เป็นรูปแบบที่กระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ ในการเรียนรู้และเกิดความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น (Kearney, 2004) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ (ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553) สามารถพัฒนาความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ และทำให้นักเรียนเกิดความรู้ที่คงทน (มรินทร์ โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา, 2557) โดยการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายจะต้องให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเสมอ และควรตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน และควรเป็นคำถามปลายเปิดเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (พริยา พงษ์ภักดี และไชยพงษ์ เรืองสุวรรณ, 2556)

การจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นรูปแบบที่มีผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยการแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เช่น ขั้นสร้างความสนใจ และขั้นขยายความรู้ เป็นต้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจและท้าทายความสามารถของนักเรียน (อิกมะฮ์ อาแวกะจี และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2558) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเอง (สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2558) นอกจากนี้การวางแผนและการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้ (สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2558) พัฒนาความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง สมดุลเคมี (อิกมะฮ์ อาแวกะจี และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2558; พันธดา มาตราชและคณะ, 2559) สารละลาย (ไผ่ พันงาม และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2560) และไฟฟ้าเคมี (สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาขร, 2558) ให้สูงขึ้นได้ นอกจากนี้การใช้กิจกรรมการทดลองอย่างง่าย เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การใช้แบบจำลองความคิด ช่วยทำให้นักเรียนสามารถอธิบายหรือเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้โดยผ่านรูปร่าง รูปภาพ สัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนจดจำเนื้อหา ความรู้ได้ดีกว่าการใช้คำพูดหรือข้อความ (กฤษฎา พันธ์ชัย และคณะ, 2560)

ทักษะการทดลองเป็นทักษะที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ทุกคนต้องมีทักษะการทดลองที่ดี นอกจากนี้ทักษะการทดลองยังช่วยส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากกิจกรรมการทดลองเป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้รับประสบการณ์จริง และพัฒนาทักษะการทดลอง พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ ได้แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่คงทน เช่น มรินทร์ โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา (2557) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าทักษะการทดลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวก ($\gamma = 0.53$) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เป็นทิศทางเดียวกัน นั่นแสดงว่านักเรียนที่มีคะแนนทักษะการทดลองสูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง Simmaroon et al. (2016) พบว่า นักเรียนที่ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ผ่านกิจกรรมการทดลองที่ง่าย เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และยังได้อภิปรายภายในและระหว่างกลุ่มจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์และจิตวิทยาการศึกษาศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งก็สอดคล้องกับที่ ฉันทนา เชาว์ปรีชา (2562) ได้เสนอแนะไว้ว่า การนำ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาบูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนจะช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ดีอย่างครบถ้วน และเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยเทคนิคต่างๆ พบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพมีหลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมหรือบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งการทำบทเรียนแบบรูปเล่มช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน นักเรียนสามารถนำกลับไปทบทวนได้ด้วยตนเองทุกที่ทุกเวลา (พิศน์นิชา กุลปฐวีวัฒน์ และคณะ, 2556) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หรือ STEM Education ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทำงานที่เป็นระบบขั้นตอนด้วยการทำโครงการ ได้ใช้ความรู้จากทั้ง 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น (ดารารัตน์ ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2559) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายที่ให้นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองก่อนทำการทดลอง และได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง รวมถึงในขั้นอธิบายนักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้เข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น (พิริยา พงษ์ภักดี และไชยพงษ์ เรื่องสุวรรณ, 2556; มิรินตี โทผางงษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา, 2557) ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้เหล่านี้ก็จะมีข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับบริบทของผู้เรียน ครูและโรงเรียน อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ใน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการทดลองที่สามารถกระตุ้นความสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม และส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเอง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลองของนักเรียน รวมถึงความสัมพันธ์ทางบวกของทักษะการทดลองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังที่กล่าวข้างต้นแล้ว ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผ่านคำถามวิทยาศาสตร์และกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ตามลำดับที่ละขั้นตอน และเน้นย้ำให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมซ้ำรูปแบบเดิมในสถานการณ์ที่ต่างออกไปเพื่อให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research methodology) ในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยที่แบบการวิจัยเป็นแบบยังไม่เข้าขั้นการทดลอง (Pre-experimental design) ในลักษณะแผนงานวิจัยแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pretest-posttest design)

เครื่องมือทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 5 แผน ได้แก่ (1) การเกิดปฏิกริยาเคมี (2) ชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี (3) พื้นที่ผิวสัมผัสรวมของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี (4) ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี และ (5) อุณหภูมิของการเกิดปฏิกริยาเคมีที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งหมด 10 คาบ คาบละ 50 นาที เป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น (5Es) ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) จัดกิจกรรมทำนาย (Predict) ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) โดยใช้คำถามที่เหมาะสมกับพัฒนาการและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น สนใจในเนื้อหา และให้นักเรียนได้ฝึกการทำนายผลล่วงหน้าโดยเน้นการทำนายผลอย่างมีเหตุผล ซึ่งต้องอาศัยการสังเกต ความรู้และ

ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานในการทำนาย เพื่อเป็นการฝึกทักษะการตั้งสมมติฐาน และเป็นเครื่องมือเพื่อใช้ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์การทำนายหรือสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ในขั้นต่อไป

(2) จัดกิจกรรมสังเกต (Observe) ในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ในขั้นนี้เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาข้อเท็จจริงตามที่ได้ทำนายไว้ โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบหรือวางแผนการทดลองเพื่อพิสูจน์ ตรวจสอบ ข้อเท็จจริง (สมมติฐาน) เกี่ยวกับสิ่งที่ได้ทำนายไว้ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) จากนั้นลงมือทดลอง หรือพิสูจน์ เพื่อหาคำตอบ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกฝนทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การออกแบบ การสังเกต การทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล

(3) จัดกิจกรรมอธิบาย (Explain) ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) แล้ว นักเรียนต้องนำข้อมูล ข้อสังเกตต่างๆที่ได้ มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

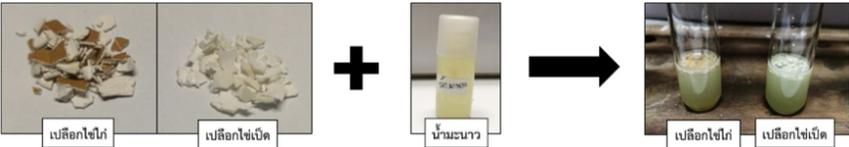
(4) จัดกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict-Observe-Explain) ในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำหลักการและความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน

(5) ชั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้เรื่องอะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากใบงานหรือแบบทดสอบ

ตัวอย่างรายละเอียดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง ปฏิกริยาเคมีในแผนที่ 2 เรื่อง ชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1.

เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย แผนที่ 2 เรื่อง ชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี

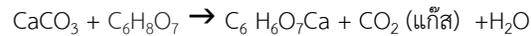
กิจกรรมการเรียนรู้หลัก	
E1: ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ร่วมกับการทำนาย (Predict) สร้างความสนใจโดยการทำนายผลจากคำถาม “ถ้าเทน้ำมะนาวลงบนเปลือกไข่ไก่จะให้ผลเหมือนกันกับการเทน้ำมะนาวลงบนเปลือกไข่เป็ดหรือไม่ อย่างไร”	
E2: ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ร่วมกับการสังเกต (Observe) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบและวางแผนทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อพิสูจน์ผลที่ทำนายไว้ โดยผลการทดสอบจะพบว่า ถ้าเทน้ำมะนาวลงบนเปลือกไข่ไก่จะสังเกตเห็นลักษณะ และปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้นต่างจากการเทน้ำมะนาวลงบนเปลือกไข่เป็ด ดังภาพที่ 1	
	
<p>ภาพที่ 1. การเกิดปฏิกริยาระหว่างเปลือกไข่ไก่และเปลือกไข่เป็ดกับน้ำมะนาว</p>	

ตารางที่ 1. (ต่อ)

เทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย แผนที่ 2 เรื่อง ชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

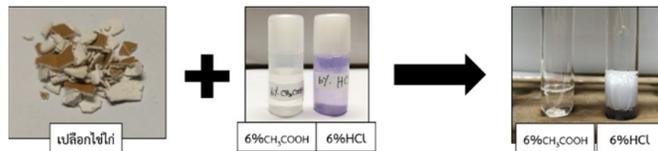
กิจกรรมการเรียนรู้หลัก

E3: ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ร่วมกับการอธิบาย (Explain) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอธิบายและสรุปผลการทดลองของกลุ่มตนเอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลที่ได้ ซึ่งในเปลือกไข่ไก่และเปลือกไข่เป็ดจะมีแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และสารอื่น ๆ เป็นส่วนประกอบที่แตกต่างกัน เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำมะนาว (กรด) จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งจะสังเกตเห็นลักษณะและปริมาณฟองแก๊สที่เกิดขึ้นต่างกัน ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



สรุปได้ว่าชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่ต่างกันจะให้เกิดปฏิกิริยาได้แตกต่างกัน

E4: ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ให้นักเรียนทำกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อตอบคำถามวิทยาศาสตร์ “ถ้าเทน้ำยาล้างห้องน้ำ (6% กรดไฮโดรคลอริก) ลงบนเปลือกไข่ไก่จะให้ผลเหมือนกันกับการเทน้ำส้มสายชู (6% กรดแอสติค) ลงบนเปลือกไข่ไก่อย่างไร” ดังตัวอย่างผลการทดลองในภาพที่ 2



ภาพที่ 2. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกและกรดแอสติคกับเปลือกไข่ไก่

E5: ชั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินผลจากการสังเกตการทำกิจกรรม ตรวจสอบให้คะแนนใบงาน/แบบทดสอบ/แบบประเมินทักษะการทดลอง

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว จำนวน 28 ข้อที่มีค่าความยากง่าย (difficulties) อยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (discrimination power) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปและมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Kuder-Richardson formula หรือ KR20) เป็น 0.76 และ (2) แบบประเมินทักษะการทดลอง ซึ่งจะประเมินจากรายงานการทดลองของนักเรียน ประกอบด้วยแบบประเมินและเกณฑ์การประเมินทักษะการทดลอง จำนวน 4 ทักษะย่อย คือ ทักษะการออกแบบการทดลอง ทักษะการปฏิบัติการทดลอง ทักษะบันทึกผลการทดลอง และทักษะการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ห้อง 16 โรงเรียนโยธอรรถพิทยาคม จังหวัดโยธอรรถ จำนวน 41 คน ปีการศึกษา 2562 ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบการสอนเพื่อความสะดวกต่อการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดย (1) ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที (2) ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 10 คาบ คาบละ 50 นาที ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูประเมินทักษะการทดลองของนักเรียนจากรายงานการทดลองด้วยแบบประเมินทักษะการทดลอง และ (3) ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

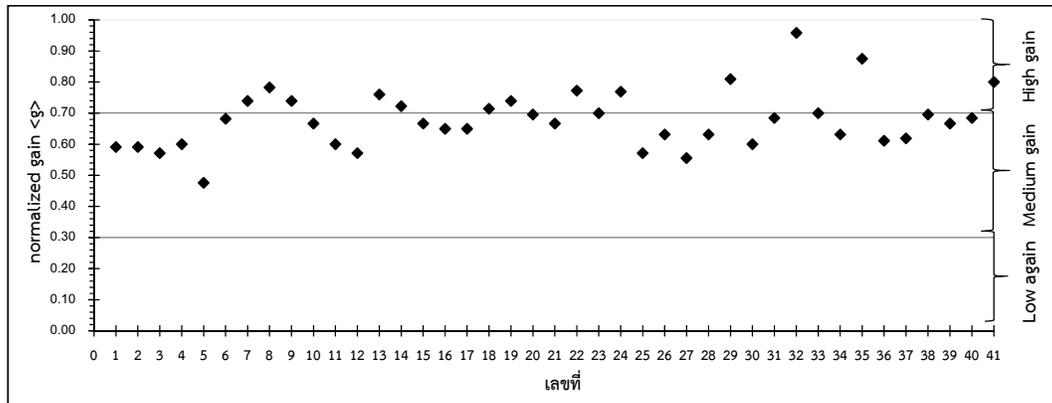
ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีการวิเคราะห์โดย (1) ตั้งเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย โดยนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูก ได้ 1 คะแนน และนักเรียนที่ตอบตัวเลือกผิด ได้ 0 คะแนน และ (2) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกัน (dependent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังมีการคำนวณความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งในกรณีที่เป็นร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนจริง (% actual learning gain) ซึ่งคำนวณจากร้อยละของคะแนนหลังเรียนลบด้วยร้อยละของคะแนนก่อนเรียน และในกรณีที่เป็นความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ (normalized learning gain, $\langle g \rangle$) ซึ่งคำนวณตามสูตรของ Hake (1998) ได้แก่
$$\langle g \rangle = (\% \text{post-test} - \% \text{pre-test}) \div (100\% - \% \text{pretest})$$
 โดยที่ค่า $\langle g \rangle$ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.30 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับต่ำ ค่า $\langle g \rangle$ มากกว่า 0.30 แต่น้อยกว่า 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับปานกลาง และค่า $\langle g \rangle$ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 จัดเป็นความก้าวหน้าระดับสูง

2) คะแนนทักษะการทดลอง วิเคราะห์จากประเมินทักษะการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และการสรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยจะมีการวิเคราะห์ทักษะการทดลองทั้งกรณีรายทักษะย่อยและรายบุคคล ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้แปลความหมายของค่าที่วัดได้ตามค่าร้อยละคะแนนเป็น 8 ระดับ ได้แก่ 1) 0 – 49 อยู่ในระดับไม่ผ่านเกณฑ์ 2) 50 – 54 อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 3) 55 – 59 อยู่ในระดับควรปรับปรุง 4) 60 – 64 อยู่ในระดับปานกลาง 5) 75 – 79 อยู่ในระดับดีมาก 6) 65 – 69 อยู่ในระดับค่อนข้างดี 7) 70 – 74 อยู่ในระดับดี และ 8) 80 – 100 อยู่ในระดับดีเยี่ยม

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเป็น 6.98 (S.D. 1.94) คิดเป็นร้อยละ 24.91 และหลังเรียนมีคะแนนเป็น 21.34 (S.D. 1.80) คิดเป็นร้อยละ 76.22 คิดเป็นความก้าวหน้าทางการเรียนจริงร้อยละ 75.09 หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ หรือ $\langle g \rangle$ เป็น 0.68 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง” และเมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล พบว่า มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 39.02 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 60.98 และไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (Low gain) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3. กราฟความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล

เมื่อพิจารณาคะแนน ตามเนื้อหายุ่งทั้ง 5 เรื่อง พบว่า นักเรียนมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ระหว่าง 17.89 – 33.74 และหลังเรียนอยู่ระหว่าง 69.51 – 81.30 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ $<g>$ อยู่ระหว่าง 0.59 - 0.77 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ “ความก้าวหน้าปานกลาง-สูง” จากการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่อิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2.

คะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

เรื่อง (คะแนนเต็ม)	ก่อนเรียน			หลังเรียน			ความก้าวหน้า		T
	Mean	S.D.	%	Mean	S.D.	%	%	$<g>$	
1) การเกิดปฏิกริยาเคมี (5)	1.22	24.39	0.88	3.76	75.12	1.22	75.61	0.67	11.93*
2) ชนิดของสารตั้งต้น (5)	1.12	22.44	0.98	4.02	80.49	0.91	77.56	0.75	14.51*
3) พื้นที่ผิวรวมของสารตั้งต้น (6)	1.07	17.89	0.93	4.88	81.30	0.95	82.11	0.77	18.63*
4) ความเข้มข้นของสารตั้งต้น (6)	1.54	25.61	0.95	4.17	69.51	1.05	74.39	0.59	13.18*
5) อุณหภูมิการเกิดปฏิกริยา (6)	2.02	33.74	1.44	4.51	75.20	0.98	66.26	0.63	11.25*
รวม	6.98	24.91	1.94	21.34	76.22	1.80	75.09	0.68	31.12*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง 5 เนื้อหา แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย เรื่อง ปฏิกริยาเคมี มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น เพราะเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้คำถามสร้างความสนใจและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนในชั้นสร้างความสนใจร่วมกับกิจกรรมทำนายที่เน้นการตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การสำรวจและค้นหาข้อมูลต่อไป ทำให้นักเรียนตื่นตัว สนใจในการเรียนรู้ มีความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาฯ

(2558) ที่รายงานว่าการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจและท้าทายความสามารถของนักเรียน สามารถเพิ่มความเข้าใจในคณิตศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติการ วางแผนและออกแบบวิธีการในการแสวงหาความรู้ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ทำให้มีคะแนนคณิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของมิรันตี โทผาวงษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา (2557) ที่รายงานไว้ว่าการเรียนรู้ด้วยเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ที่นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองก่อนทำการทดลอง และได้ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองรวมถึงในชั้นอธิบายนักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้เข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากข้อมูลคะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนที่มีคะแนนทั้ง 5 หัวข้อค่อนข้างต่ำ แสดงว่านักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องปฏิกิริยาเคมีน้อยและหลังจากที่มีการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว พบว่านักเรียนมีคะแนนในหัวข้อย่อยทั้ง 5 หัวข้อเพิ่มมากขึ้น โดยหัวข้อที่ (3) พื้นที่ผิวสัมผัสรวมของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงสุด เพราะกิจกรรมการเรียนรู้การเกิดปฏิกิริยาระหว่างขมิ้นที่หั่นเป็นแผ่นและขมิ้นที่สับละเอียดกับปูนเป็นปฏิกิริยาที่นักเรียนสามารถทดลองได้ง่าย พบเห็นในชีวิตประจำวัน และเป็นปฏิกิริยาที่สังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของไผ่ พันทงาม และศักดิ์ศรี สุภาพร (2560) ที่รายงานว่าการใช้กิจกรรมการทำได้ง่าย เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และส่วนผสมไม่เป็นอันตรายจะให้นักเรียนกล้าลงมือปฏิบัติ และงานวิจัยของกฤษฎา พันธ์ชัย และคณะ (2560) ที่รายงานว่าการใช้กิจกรรมการทดลองอย่างง่ายจะช่วยให้เด็กมีความเข้าใจในคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ส่วนหัวข้อที่มีคะแนนรองลงมาคือหัวข้อที่ (2) ชนิดหรือธรรมชาติของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี (5) อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1) การเกิดปฏิกิริยาเคมี และ (4) ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามลำดับ โดยในหัวข้อ “ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่อปฏิกิริยาเคมี” เป็นหัวข้อที่นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนต่ำที่สุดนั้น ทั้งนี้อาจจะเกิดจากแบบทดสอบในหัวข้อนี้ (ข้อที่ 18 - 20 และ 26 - 28) มีระดับความยากง่ายค่อนข้างต่ำ (ค่า $p = 0.31, 0.42, 0.42, 0.42, 0.36$ และ 0.38 ตามลำดับ) จึงไม่เหมาะกับระดับความสามารถของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่อง ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีต่ำ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายแล้ว พบว่านักเรียนมีทักษะการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 78.57 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมิรันตี โทผาวงษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา (2557) ในการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย และศึกษาทักษะการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รายงานไว้ว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แล้ว นักเรียนมีคะแนนทักษะการทดลองอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้ เนื่องจากในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนได้มีโอกาสได้ลงมือทำการทดลองอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 อยู่ในขั้นของการสำรวจและค้นหาร่วมกับการสังเกต และครั้งที่ 2 เป็นการทดลองในชั้นขยายความรู้ร่วมกับกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย ซึ่งเป็นการทดลองที่เป็นการประยุกต์วิธีทดลองมาจากครั้งที่ 1 โดยการเปลี่ยนชนิดของสารตั้งต้นเป็นสารชนิดอื่น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้เด็กนักเรียนมีการพัฒนาเกี่ยวกับทักษะการทดลองอย่างต่อเนื่องนั่นเอง

ตารางที่ 3.

ทักษะการทดลองของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนายอธิบาย-สังเกต-

ทักษะ	คะแนนเต็ม	mean	ร้อยละ	S.D.	ผล
1) การออกแบบการทดลอง	12.00	10.86	90.49	0.98	ดีเยี่ยม
2) การปฏิบัติการทดลอง	9.00	7.33	81.41	0.63	ดีเยี่ยม
3) การบันทึกผลการทดลอง	6.00	4.65	77.56	0.57	ดีมาก
4) สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	6.00	3.09	51.46	0.48	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
รวม	33.00	25.93	78.57	1.74	ดีมาก

เมื่อพิจารณาคะแนนทักษะการทดลองเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการออกแบบการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 90.49 อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม คะแนนทักษะการปฏิบัติการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 81.41 อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม และคะแนนทักษะการบันทึกผลการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 77.56 อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของมิรันตี โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลา (2557) ที่รายงานว่าทักษะที่นักเรียนมีคะแนนมากที่สุด คือ ทักษะปฏิบัติการทดลอง มีคะแนนในระดับดีเยี่ยมและทักษะที่มีคะแนนต่ำที่สุด คือ ทักษะการบันทึกผลการทดลอง มีคะแนนในระดับดีมาก จากผลการวิจัยที่ทักษะการออกแบบการทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงสุด เนื่องจากการแบ่งกลุ่มการทดลองที่มีการลดความสามารถทำให้นักเรียนได้มีการปรึกษาและอภิปรายภายในกลุ่ม เกิดการเรียนรู้ร่วมกันภายในกลุ่มจึงส่งเสริมให้นักเรียนมีคะแนนทักษะการออกแบบการทดลองสูง ส่วนทักษะการสรุปและอภิปรายผลการทดลองมีคะแนนน้อยที่สุด (ร้อยละ 51.46) ทั้งนี้เป็นผลมาจากประเด็นการอภิปรายผลการทดลองที่นักเรียนไม่อภิปรายผลการทดลอง หรืออภิปรายผลการทดลองไม่ถูกต้องบางส่วน ส่งผลให้คะแนนทักษะการสรุปและอภิปรายผลการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของมิรันตี โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลา (2557) ที่รายงานว่าทักษะการบันทึกผลการทดลองมีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งทักษะการทดลองออกเป็น 3 ทักษะย่อย ได้แก่ ทักษะการออกแบบการทดลอง ทักษะการปฏิบัติการทดลอง และทักษะการบันทึกผลการทดลอง โดยในทักษะการบันทึกผลการทดลองมีการรวมประเด็นสรุปและอภิปรายผลการทดลองด้วย แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แยกประเด็นสรุปและอภิปรายผลการทดลองออกเป็นทักษะสรุปและอภิปรายผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาคะแนนทักษะการทดลองของนักเรียนเป็นรายบุคคลพบว่า นักเรียนมีร้อยละของคะแนนทักษะการทดลองเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 65.45 – 86.67 ซึ่งจัดอยู่ใน “ระดับค่อนข้างดี” ถึง “ระดับดีเยี่ยม” โดยมีนักเรียนที่อยู่ในระดับค่อนข้างดี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.32 ระดับดี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 14.63 ระดับดีมาก จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 31.91 และระดับดีเยี่ยม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 46.34

■ บทสรุปจากการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนร้อยละ 76.22 (ค่าเฉลี่ย 21.34 และ S.D. 1.80) สูงกว่าก่อนเรียนซึ่งมีคะแนนร้อยละ 24.91 (ค่าเฉลี่ย 6.98 และ S.D. 1.94) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนจริงร้อยละ 75.09 หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบปกติ หรือ $<g>$ เป็น 0.68 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความก้าวหน้าปานกลาง และนักเรียนมีคะแนนทักษะการทดลองเฉลี่ยร้อยละ 78.57 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยคะแนนทักษะที่อยู่ในระดับดีเยี่ยม คือ ทักษะการออกแบบการทดลอง และทักษะปฏิบัติการทดลอง มีคะแนนร้อยละ 90.49 และ

81.41 ตามลำดับ ทักษะการบันทึกผลการทดลองมีคะแนนร้อยละ 77.56 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และทักษะสรุปและอภิปรายผลการทดลองมีคะแนนร้อยละ 51.46 ซึ่งอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางนี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ที่จัดกิจกรรมง่าย เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันสามารถกระตุ้นความสนใจ ความอยากรู้ อยากเห็นของนักเรียนได้ ทำให้นักเรียนสนุกกับการเรียนรู้เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ รู้จักค้นคว้าหาความรู้ ผึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง

การวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และทักษะการทดลองของนักเรียน ได้แก่ (1) แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ควรเพิ่มกิจกรรม หรือสถานการณ์ การทดลองให้มีความหลากหลายและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น และ (2) ควรเน้นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา การทดลอง รวมถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะจะทำให้ นักเรียนเข้าใจเนื้อหา สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและช่วยส่งต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปด้วย สำหรับกิจกรรมการทำนายควรเน้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลที่เป็นแนวทางเดียวกันกับการตั้งสมมติฐานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบการทดลองในขั้นต่อไป ส่วนการออกแบบการทดลองที่ให้นักเรียนนำเสนอด้วยการวาดภาพควรเน้นให้นักเรียนเขียนอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นด้วย

■ ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ (1) สำหรับเนื้อหา เรื่อง อุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ควรเลือกปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับแก๊ส เพราะแก๊สจะทำให้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ยาก หรืออาจให้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากแก๊สจะขยายตัวที่อุณหภูมิสูงจึงส่งผลกระทบต่อผลการทดลองที่สังเกต และ (2) การทำการวิจัยด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5Es) ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ควรวิเคราะห์ผลการทำกิจกรรมในชั้นสร้างความสนใจ (Engagement) โดยเฉพาะกิจกรรมทำนายของนักเรียนไปทุกกิจกรรม เพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

■ กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

■ References

- กฤษฎา พันธ์ชัย พันธ์สา มาตราช สุภาพ ตาเมือง และศักดิ์ศรี สุภาพร. (2560). ความเข้าใจโมเมนต์และแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการเรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 1(1), 49-60.
- ฉันทนา เขาว์ปรีชา. (2562). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างความตระหนักเรื่องสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงผ่านการศึกษาลูกไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 42(2), 51-64.
- ชาติรย์ ฝ่ายคำ. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 11(1) 36-38.

- ณราภรณ์ บุญกิจ. (2553). ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แสง จากการกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (น. 1212-1220). ใน *การประชุมทางวิชาการการเสวนาผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 11*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดารารัตน์ ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 27(2), 98-109.
- บุษยา แสงทอง และสุภาพร พรไตร. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกระบวนการจำลองตัวของดีเอ็นเอ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es (น. 217 - 227). ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอ.วิจัย. ครั้งที่ 10*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ปราญชลี นนทะวัน ประนอม แซ่จิ่ง และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา. (2558). การศึกษานโนมิติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (น. 371-379). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ม.อ. วิจัย. ครั้งที่ 9*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ไผ่ พันงาม และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2560). การพัฒนาความเข้าใจนโนมิติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นสร้างความสนใจ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (น. 1128-1143). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเสวนาผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 44*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พนัสตา มาตราช สุภาพ ตามีเมือง และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2559). *การพัฒนาความเข้าใจนโนมิติวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผลผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นสร้างความสนใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (น. 356-366). ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ งานเกษตรแฟร์นทรีอีสาน ครั้งที่ 4*. สกลนคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ.
- พิริยา พงษ์ภักดี และไชยพงษ์ เรื่องสุวรรณ. (2556). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกโดยใช้วิธี Predict-Observe-Explain (POE) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 36(2), 74-83.
- พิศณิชา กุลปฐวีวัฒน์ ธนากร เสาศิริ นิภาวรรณ สรหงส์ และน้ำฝน คุเจริญไพศาล. (2556). การพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิกริยาเคมีในชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิทยาศาสตร์ มคอ.*, 30(1), 103-121.
- มิรันตี โทผางษ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา. (2557). ความก้าวหน้าทางการเรียนและทักษะการทดลองในการเรียนเรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 5(1), 57-65.
- วรุณันท์ ช้อยกิตติพันธ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา. (2558). การพัฒนานโนมิติวิทยาศาสตร์เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (น. 380-387). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ม.อ. วิจัย ครั้งที่ 9*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ศักดิ์ศรี สุภาจร. (2554). กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 22(3), 331-343.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3*. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.

- สนทยา บังพรม และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2558). การพัฒนาความเข้าใจโมโนมิทวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบาย ในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (น. 411-420). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ม.อบ. วิจัย. ครั้งที่ 9*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- สุธาทิพย์ บุญส่ง และสุภาพร พรไตร. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (น. 228-239). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย. ครั้งที่ 10*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- อิทธิมาธิ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2558). การพัฒนาความเข้าใจโมโนมิทวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคการทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (น. 388-398). ใน *รายงานสืบเนื่องการประชุมทางวิชาการระดับชาติ ม.อบ. วิจัย. ครั้งที่ 9*. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill.
- Karisook, R. & Tipparach, U. (2010). The attitudes and expectations of students from Benchama Maharat School on learning Physics. In *Proceedings of 36th Congress on Science and Technology of Thailand*. Bangkok: The Science Society of Thailand Under the Patronage of His Majesty the King.
- Kearney, M. (2004). Classroom use of multimedia-supported predict-observe-explain tasks in a social constructivist learning environment. *Research in Science Education*, 34, 427-453.
- Simmaroon, N., Phusee-orn, S. & Nuangchalerm, P. (2016). Development of the program for enhancing integrated science process skills, ability in analyzing, and scientific mind of Mathayomsuksa 4 students through the integration of authentic assessment (in English). *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 22(1), 141-152.