

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปฏิกิริยาเคมีและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

The Study of Learning Achievement in Chemistry on Chemical Reaction and Critical Thinking for Matthayomsueksa 4 Based Learning on STEM Education

อาทิตยา คัมมามุง^{1*} ดวงฤทัย ศรีแดง² และ อรพรรณ ทองประสงค์²

Artitaya Khammamung^{1*} Duangruthai Sridaeng² and Oraphan Thongpaasong³

¹นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

²อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

¹Graduate student in Master of Arts, Faculty of Education, Rangsit University

²Lecturer in Chemistry, Faculty of Science, Rangsit University

*Corresponding author, E mail: Artitaya.k59@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 ห้อง รวม 63 คน ที่ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 แผน แบบบันทึกภาคสนาม แบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้วิธี t-test แบบ Dependent Samples ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ผ่านปฏิบัติการเคมี นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้เข้าใจเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น 2) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 3) คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: วิจัยเชิงปฏิบัติการ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purposes of this action research were 1) to study the learning activities based on the STEM Education in chemistry by focusing on the chemical reaction to improve students' achievement, 2) to compare learning achievement, and 3) to compare the critical thinking ability of the students before and after learning. The sample group of this research was sampled purposively which contains 63 students in Mattayomsuksa 4th during the first semester in academic year 2017. The research instruments composed of 3 lesson plans on the chemical reactions, field notes, student questionnaires, learning achievement test, and critical thinking ability test. The data were analyzed by a descriptive statistics including mean score, standard deviation and t-test dependent group. The results showed that The learning management of the STEM Education on this chemical reaction improved the student activities and the corporation of science, technology, engineering, and mathematics through chemical experiments. Students could participate in activities and practiced by themselves for a better understanding. The post-test scores on learning achievement were significantly higher than the pre-test scores at the P-value of 0.01 and the critical thinking ability after learning were significantly higher than before learning at the P-value of 0.01.

Keywords: action research, STEM education, achievement, critical thinking

1. บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต วิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเกิดกระบวนการคิด ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 75) แต่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ซึ่งเป็นโครงการขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development หรือ OECD) ผลการประเมิน PISA 2015 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยคือ 421 คะแนน ลดลงจาก PISA 2012 (คะแนนเฉลี่ย 444 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (คะแนนเฉลี่ย 493 คะแนน) ซึ่งลำดับการประเมินอยู่ที่อันดับที่ 54 จาก 72 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556: 18-19) เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-Net) ช่วงชั้นที่ 4 ปีการศึกษา 2557 – 2559 ของวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่าในระดับประเทศ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.54 33.40 และ 31.62 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 ปีนักเรียนยังมีคะแนนสอบต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยภาพรวมยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-Net) ช่วงชั้นที่ 4 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 ในวิชาวิทยาศาสตร์พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.92 ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในระดับประเทศแต่ก็

ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขึ้นพื้นฐาน แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาวิธีการสอนให้หลากหลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสอน การจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนควรเลือกวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีประสบการณ์ด้วยตนเองให้มากที่สุดให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ในการเรียนการสอนแต่ละครั้ง (ภพ เลหาไพบุณย์, 2542 : 122) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ครูต้องไม่เพียงแต่เอาใจใส่ผู้เรียนเท่านั้น ยังต้องมีทักษะในการทำให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้ให้สนุกกับการเรียนรู้ และกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ต่อไป (วิจารณ์ พานิช, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 50) จุดเด่นสำคัญอีกประการหนึ่งของสะเต็มศึกษาคือช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดขั้นสูงได้แก่ การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นการคิดที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา ซึ่งไม่ใช่ความรู้ความจำหรือความเข้าใจ และเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเป็นสำคัญ (สนธิ พลชัยยา, 2557: 7-10) เนื่องจากวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาค่อนข้างยากและซับซ้อน บางเรื่องไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ ต้องอาศัยความเข้าใจในเนื้อหาของหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เนื้อหาวิทยาศาสตร์สาขาเคมีในเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ประกอบไปด้วยสมการเคมีที่แสดงปฏิกิริยาต่าง ๆ มากมาย หากใช้การอธิบายเป็นตัวอักษรในหนังสือเพียงอย่างเดียวอาจทำให้นักเรียนบางคนเกิดความไม่เข้าใจ เกิดความท้อแท้ เบื่อหน่ายได้ (ภัทรสุดา ภาสศักดิ์ชัย, 2558 : 485) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 50)

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน จึงคาดว่าจะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีได้ดียิ่งขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี.
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในเรื่องปฏิกิริยาเคมี

3. เครื่องมือและวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart ประกอบด้วยกระบวนการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นปฏิบัติการ (Action) ขั้นสังเกตผล (Observing) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflecting) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปฏิกิริยาเคมี และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ 4/6 จำนวน 36 คน และ 4/7 จำนวน 27 คน รวมทั้งหมดจำนวน 63 คน ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่องปฏิกิริยาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 9 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยผ่านการแนะนำแก้ไขปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และครูพี่เลี้ยง และได้ทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบบันทึกภาคสนาม และแบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผ่านการแนะนำแก้ไขปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และครูพี่เลี้ยง

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ตามแนวคิดของวัตสันและเกลเซอร์ (Watson & Glaser) ซึ่งวัดทั้งหมด 5 ด้านคือ 1) การสรุปอ้างอิง 2) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น 3) การนิรนัย 4) การตีความ 5) การประเมินข้อโต้แย้ง ที่ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Index of item objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยแต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 – 1.00 มีค่าความความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.20

3.4 วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ทำการปฐมนิเทศเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่ เป้าหมาย ข้อตกลง ของนักเรียนและผู้วิจัย ซึ่งแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ

2) ผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 3 แผน ใช้เวลา 9 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งได้ออกแบบกิจกรรมการ

เรียนรู้ในรูปแบบปฏิบัติการเคมีทั้งหมด 3 ปฏิบัติการ คือการเกิดปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แผนที่	เรื่อง	การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
1	การเกิดปฏิกิริยาเคมี	วิทยาศาสตร์: ความรู้เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และวิธีสังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถสรุปได้จากการทดลอง เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น การใช้เทคโนโลยีในช่วยบันทึกผลการทดลองเช่น การบันทึกวิดีโอขณะที่ทำการทดลอง การใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอข้อมูล วิศวกรรมศาสตร์: การออกแบบวิธีการนำเสนอ การสร้างสื่อนำเสนอ เพื่อนำเสนอผลที่ได้จากการทดลอง คณิตศาสตร์: การคำนวณจำนวนอุปกรณ์การทดลองและปริมาณสารเคมีให้เพียงพอต่อการทดลอง
2	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	วิทยาศาสตร์: ให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความหมายและวิธีการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการคำนวณการทดลองและคำนวณผลการทดลอง เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น การใช้เทคโนโลยีในการบันทึกผลขณะทำการทดลองเช่น การใช้แอปพลิเคชันนาฬิกาในการจับเวลา การบันทึกวิดีโอขณะที่ทำการทดลอง การใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอข้อมูล วิศวกรรมศาสตร์: ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้กำหนดปริมาณเปลี่ยนไปใช้ในการทดลอง นักเรียนจึงต้องระดมความคิด คำนวณปริมาณเปลี่ยนไปใช้ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด คณิตศาสตร์: การคำนวณจำนวนอุปกรณ์การทดลองและปริมาณสารเคมีให้เพียงพอต่อการทดลอง การคำนวณปริมาณเปลี่ยนไปใช้ที่จะต้องรู้ การคำนวณผลการทดลองเช่น การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย การสรุปและการเปรียบเทียบผลการทดลอง
3	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	วิทยาศาสตร์: ให้ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับกรดซัลฟิวริกแก่นักเรียน จากนั้นให้นักเรียนออกแบบกระบวนการทดลองและการทดลองเพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี: การใช้เทคโนโลยีในช่วยบันทึกผลขณะทำการทดลอง เกิดกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงโดยการเลือกใช้สารเคมีและอุปกรณ์ตามความเหมาะสม วิศวกรรมศาสตร์: กระบวนการออกแบบการทดลอง และการสร้างอุปกรณ์การทดลองโดยการประยุกต์ใช้จากสารเคมีและอุปกรณ์การทดลองที่มีอยู่ คณิตศาสตร์: การคำนวณจำนวนอุปกรณ์การทดลองและปริมาณสารเคมีให้เพียงพอต่อการทดลอง การออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง การเปรียบเทียบผลการทดลอง

4) เก็บรวบรวมข้อมูลและสะท้อนผลการปฏิบัติ โดยใช้เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบบันทึกภาคสนาม และแบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งที่การเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว

5) เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้สิ้นสุด ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สรุปผล และแปลผลข้อมูลต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากแบบบันทึกภาคสนาม แบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ ที่ได้เก็บรวบรวมระหว่างปฏิบัติการ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนำเสนอผลในลักษณะการบรรยาย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจะใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ตรวจสอบสมมติฐาน ได้แก่ การทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนและหลังเรียน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษากิจการการจัดการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

การนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นเป็นการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดีโดยมีผลสรุปจุดเด่น ปัญหาที่พบ วิธีปรับปรุงแก้ไขและความคิดเห็นของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความกระตือรือร้น ให้ความสนใจในการเรียนและการทำปฏิบัติการเคมี นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการทดลองเนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้สังเกตเห็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ชัดเจน และรู้วิธีการสังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เข้าใจบทเรียนมากขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่เข้าใจวิธีการทดลอง บันทึกผลการทดลองไม่ละเอียด เขียนสมการเคมี อภิปรายผลและสรุปผลการทดลองยังไม่ถูกต้อง ครูยังไม่สามารถควบคุมชั้นเรียนได้ดีเท่าที่ควร นักเรียนหยอกล้อส่งเสียงดังในขณะที่ทำปฏิบัติการเคมี และมีนักเรียนทำสารหกและหลอดทดลองแตก ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นในขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียน ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม อธิบายวิธีการทดลองแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด เพิ่มเติมความรู้เรื่องการเขียนสมการเคมี วิธีการเขียนอภิปรายผลและสรุปผลการทดลอง ให้นักเรียน และใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เพิ่มรูปภาพการทดลองหรือสารเคมีวิธีการทดลองให้กับนักเรียน กำหนดหน้าที่ของทุกคนในกลุ่มกำชับนักเรียนให้นักเรียนช่วยกันดูแลเพื่อนในกลุ่ม ให้คะแนนพิเศษสำหรับกลุ่มที่ตั้งใจทำปฏิบัติการ และทำโทษนักเรียนที่หยอกล้อ ส่งเสียงดังรบกวนเพื่อน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะเห็นได้ว่านักเรียนให้ความร่วมมือ ตั้งใจทำปฏิบัติการเป็นอย่างดี เนื่องจากในปฏิบัติการนี้ได้นำเอาเปลือกไข่กับน้ำส้มสายชูที่สามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันมาใช้ในการทดลอง นักเรียนสามารถสังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนและสามารถนำผลที่บันทึกไปคำนวณเพื่อหา

อัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่เข้าใจวิธีการทดลอง เขียนแสดงวิธีการคำนวณ การสรุป และอภิปรายผลยังไม่ถูกต้อง ซึ่งเนื่องมาจากเวลาที่จำกัดทำให้นักเรียนต้องรีบทำความเข้าใจและปฏิบัติการทันที ทำให้ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้นำไปพัฒนาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยในแผนนี้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนไปศึกษาทำความเข้าใจเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา มาก่อนที่จะทำเข้าเรียนและในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนผู้วิจัยจะถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและให้คะแนนพิเศษสำหรับนักเรียนที่มีความเตรียมพร้อม พร้อมทั้งทบทวนความรู้ที่ได้จากการทำปฏิบัติการเคมีในครั้งที่ 1 และ 2 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำปฏิบัติการเคมี เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาต่อไป

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา จะเห็นได้ว่านักเรียนให้ความสนใจในการเรียนและการทำปฏิบัติการเคมีเป็นอย่างมาก เนื่องจากการทำปฏิบัติการเคมีที่นักเรียนต้องร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม ช่วยกันวางแผน ระดมความคิดในการออกแบบวิธีการทดลองโดยใช้สารเคมีและอุปกรณ์การทดลองที่มีอยู่ตามหัวข้อที่ตนได้รับ ซึ่งเป็นการท้าทายความคิดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะจากปฏิบัติการที่ผ่านมาได้อย่างเต็มที่ โดยเห็นได้จากความคิดเห็นส่วนใหญ่ของนักเรียนที่บอกว่า การปฏิบัติการเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นการฝึกการพัฒนาความคิดอย่างอิสระ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน ได้ทำในสิ่งที่ไม่เคยทำมาก่อน เรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ ทำให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจมากขึ้น เนื่องจากการเป็นปฏิบัติการที่ค่อนข้างต้องใช้เวลาดังนั้นจึงต้องมีการบริหารเวลาให้เหมาะสมโดยครูมีการตั้งเวลาในแต่ละขั้นตอนซึ่งอาจทำให้นักเรียนรู้สึกกดดัน แต่สุดท้ายแล้วนักเรียนทุกกลุ่มก็สามารถทำปฏิบัติการเคมีได้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 36 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 27 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ห้อง	การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		S.D.	t	Sig.(1-tailed)
		คะแนน	%			
4/6	ก่อนเรียน	7.64	38.20	3.24	9.9515	0.0000
	หลังเรียน	14.11	70.55	2.21		
4/7	ก่อนเรียน	5.15	25.75	1.66	17.3115	0.0000
	หลังเรียน	11.70	58.50	2.13		

จากตาราง 2 พบว่านักเรียนทั้งสองห้อง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ทั้งนี้จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 6.47 คะแนน (32.35%) ซึ่งเป็นผลต่างของคะแนนก่อนเรียน 7.64 คะแนน (38.20%) และหลังเรียน 14.11 คะแนน (70.55%) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 6.55 คะแนน (32.75%) ซึ่งเป็นผลต่างของคะแนนก่อนเรียน 5.15 คะแนน (25.75%) และหลังเรียน 11.71 คะแนน (58.50%) จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้อง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4.3 ผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 36 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 27 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวเคราะห์ ได้ผลดังแสดงในตาราง 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ห้อง	การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)		S.D.	t	Sig.(1-tailed)
		คะแนน	%			
4/6	ก่อนเรียน	10.53	52.65	3.02	9.4354	0.0000
	หลังเรียน	14.14	70.70	2.06		
4/7	ก่อนเรียน	8.96	44.80	2.59	8.2663	0.0000
	หลังเรียน	12.19	60.95	1.33		

จากตาราง 2 พบว่านักเรียนทั้งสองห้อง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี จะมีผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้น ทั้งนี้จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 3.61 คะแนน (18.05%) ซึ่งเป็นผลต่างของคะแนนก่อนเรียน 10.53 คะแนน (52.65%) และหลังเรียน 14.14 คะแนน (70.70%) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 3.23 คะแนน (16.15%) ซึ่งเป็นผลต่างของคะแนนก่อนเรียน 8.96 คะแนน (44.80%) และหลังเรียน 12.19 คะแนน (60.95%) จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ห้อง มีผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5. การอภิปรายผล

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งสองห้อง พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 มีคะแนนเฉลี่ยจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4/6 เป็นห้องเรียนส่งเสริมความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Gifted) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะมีความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ และมีทักษะในด้านการทำปฏิบัติการเคมีเนื่องจากนักเรียนห้องนี้จะได้เรียนวิชา ปฏิบัติการชีวเคมี 30221 มาก่อน ซึ่งนักเรียนทุกคนจะได้ฝึกการทำปฏิบัติการเคมี เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 สามารถเข้าใจเนื้อหาในเรื่องปฏิกิริยาเคมีได้ดีกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ซึ่งเป็นห้องเรียน Mini English Program (MEP) นักเรียนส่วนใหญ่จะมีความถนัดทางด้านภาษาต่างประเทศ นักเรียนบางส่วนไม่ชอบการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ ไม่ได้รับการส่งเสริมในด้านการเรียนปฏิบัติการ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทอื่น ๆ ในวิชาเคมี และจากการสอบถามอาจารย์ผู้สอนในรายวิชาชีววิทยา และฟิสิกส์ ก็พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จะมีคะแนนสอบเฉลี่ยน้อยกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ผู้วิจัยจึงต้องเอาใจใส่และสังเกตพฤติกรรมการเรียนสำหรับการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาเคมีเรื่องต่อไป

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 และ 4/7 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 และ 4/7 มีผลคะแนนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 32.35 % และ 32.75 % ตามลำดับ จะเห็นได้ชัดเจนว่านักเรียนห้อง 4/7 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่มีความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์มีผลต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่านักเรียนห้อง 4/6 เท่ากับ 0.5 % ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก และสามารถบอกได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ค่อนข้างมาก สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ไม่มีความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของผู้วิจัยจะเน้นให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการทำปฏิบัติการเคมีในทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 171) ที่ว่าการสอนด้วยปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน ตั้งแต่การทดลองที่ 1 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นการทดลองที่นักเรียนจะต้องสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความหมายของการเกิดปฏิกิริยาและวิธีการสังเกตการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลองที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในการทดลองนี้นักเรียนสามารถนำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา และในการทดลองที่ 3 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนต้องนำความรู้ ทักษะกระบวนการเคมีที่ได้ในการทดลองที่ 1 และ 2 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบวิธีการทดลองด้วยตนเอง ภายใต้สถานการณ์ที่สารเคมีและอุปกรณ์มีปริมาณจำกัด สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ ชงไชย (2556 : 35) ที่กล่าวว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง จึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สำหรับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในเรื่องปฏิกิริยาเคมีพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จะมีคะแนนเฉลี่ยจากการวัดผลการ

คิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่องปฏิกิริยาเคมีทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 เป็นห้องเรียนส่งเสริมความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Gifted) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะมีความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ และทางโรงเรียนได้มีกิจกรรมพิเศษที่ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิดและการกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เช่นกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ กิจกรรมการพัฒนาศักยภาพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ซึ่งเป็นโครงการที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติการในรายวิชา เคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยาร่วมกับมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ซึ่งการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมพิเศษดังกล่าวจะช่วยให้ให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ได้มีการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดซึ่งรวมไปถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จึงทำให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 มีคะแนนเฉลี่ยจากวัดผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่องปฏิกิริยาเคมีทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ซึ่งเป็นห้องเรียน Mini English Program (MEP) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะมีความถนัดทางด้านภาษาต่างประเทศ ซึ่งทางโรงเรียนจะมุ่งเน้นในการพัฒนาทักษะทางด้านภาษาต่างประเทศ นักเรียนไม่มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมที่จะช่วยพัฒนากระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาและฝึกฝนกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ในรายวิชาเคมีเรื่องต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 และ 4/7 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนห้อง 4/6 และ 4/7 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 32.35 % และ 32.75 % ตามลำดับ และมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยหลังจบการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 18.05 % และ 16.15 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลต่างของคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าน้อยกว่าผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งนี้เนื่องมาจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะที่ต้องอาศัยระยะเวลาและประสบการณ์ในการหล่อหลอมให้บุคคลใดบุคคลหนึ่งเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้นด้วยระยะเวลาในการวิจัยค่อนข้างสั้นเพียง 9 คาบเรียน จึงทำให้นักเรียนพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้น้อยกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนั้นผลต่างของคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนจึงมีค่าน้อยกว่า ผลต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่านักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ผ่านการทำปฏิบัติการเคมีที่นักเรียนจะได้ฝึกทักษะการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกตผลการทดลอง การวัด การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ การแสดงความคิดเห็น การวิเคราะห์ สรุป และอภิปรายผลการทดลอง อีกทั้งนักเรียนยังได้ฝึกการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการทดลองในทั้ง 3 ปฏิบัติการ สอดคล้องกับแนวคิดของ สอนิ พลชัยยา (2557: 10) ที่กล่าวว่าไว้ว่าการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณนอกจากการฝึกฝนผ่านการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันแล้ว การเรียนรู้ในห้องเรียนยังเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยครูต้องจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับความรู้และบริบทของผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยยกระดับการคิดขั้นสูงของผู้เรียน และจากการที่นักเรียนได้ออกมาอภิปรายผลหน้าห้องเรียน ผู้วิจัยสามารถสังเกตได้ว่านักเรียนสามารถสรุป และอภิปรายผลการทดลองได้ดีขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับ พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย (2556: 50) ที่ว่าสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียน

เกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงเช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงมีผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชชาวุธ อุ่นสิม (2560) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

6. บทสรุป

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วยการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นการปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observing) และขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflecting) พบว่าในขั้นวางแผน เป็นขั้นเริ่มต้นวิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อที่จะวางแผนในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาและบริบทของโรงเรียน และจะนำมาใช้ต่อในขั้นการปฏิบัติ ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ได้สร้างขึ้น โดยในขั้นสังเกตผู้วิจัยจะสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ของตนเอง พฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบบันทึกภาคสนามและให้นักเรียนทำแบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้เก็บข้อมูลได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ในขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการจะนำแบบบันทึกภาคสนามที่บันทึกโดยผู้วิจัย และแบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยนักเรียน มาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป โดยผลการวิจัยพบว่า การนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นเป็นการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นภายหลังการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้สูงขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพ ผู้สอนจำเป็นต้องประเมินเวลาให้เหมาะสม กำหนดเวลาในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์การทดลอง เพื่อให้การทดลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด และใช้แบบสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในทุกแผนการเรียนรู้เพื่อที่จะได้นำความคิดเห็น ข้อดี ข้อเสีย และข้อเสนอแนะของกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงฤทัย ศรีแดง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ทองประสงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านที่คอยให้กำลังใจ คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตผู้สอนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและการทำวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นักษบริหาร*, 33(2), 49-56.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ภัทรสุดา ภาสศักดิ์ชัย. (2558). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปฏิบัติวิชาเคมีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Veridian E-Journal Silpakorn University*, 8(2), 483-492.
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.
- วิชารุช อุณสิม. (2560). ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน(O-NET) ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2560. แหล่งที่มา <http://www.onetresult.niets.or.th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สมุทรปราการ: แอดวานซ์ ฟรินดิง เซอร์วิส.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. *นิตยสาร สสวท.*, 42(189), 7-10.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(185), 10-13.