

Research Article

THE DEVELOPMENT OF CHEMISTRY LABORATORY SKILLS AND CREATIVITY
THINKING BASED ON STEAM EDUCATION OF HIGH SCHOOL STUDENTSการพัฒนาทักษะการปฏิบัติการเคมีและความคิดสร้างสรรค์ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Received: December 11, 2025

Revised: February 23, 2026

Accepted: March 9, 2026

Piyarat Choomchua^{1*} and Rungtiwa Kongson²ปิยรัตน์ ชุ่มเชื้อ^{1*} และรุ่งทิwa กองสอน²^{1,2}School of Education, University of Phayao^{1,2}วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

*Corresponding Author, E-mail: piyaratc40@gmail.com

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the chemistry laboratory skills of high school students who learned by using learning management based on STEAM education, and 2) compare the creativity thinking of high school students who learned by using learning management based on STEAM education. The sample group in this research was 32 students in grade 11th at Maiyavithayakom School in the first semester of 2025 academic year. They were selected through random sampling method. The research instruments consisted of five STEAM Education learning plans in Physical Science subject about chemistry reactions, chemistry laboratory skills test and creativity thinking test of high school students. The data were analyzed by mean, percentage, standard deviation, and t-test. The research results indicated that 1) the post-test score of chemistry laboratory skills after learning by STEAM education was higher than pre-test scores with statistical significance at .05, Overall, it was found that the students' chemistry laboratory skills were at a good level, and 2) The post-test score of the creativity thinking of high school students after learning by STEAM education was higher than pre-test scores with statistical significance at .05, Overall, it was found that the students' creativity thinking were at an excellent level.

Keywords: Chemistry Laboratory Skills, Creativity Thinking, STEAM Education

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไม้ยาวิทยาคม อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 32 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมี และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample) ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีทักษะการปฏิบัติการเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการเคมี อยู่ในระดับดี และ 2) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: ทักษะการปฏิบัติการเคมี ความคิดสร้างสรรค์ แนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมทั่วโลกในปัจจุบัน ส่งผลให้การจัดการศึกษาจำเป็นต้องพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพื่อให้ก้าวทันกับโลกที่ผันแปรไปในยุคโลกาภิวัตน์ ด้วยเหตุนี้ภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Skill, 2009) ได้กำหนดเป้าหมายและต้นแบบของการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้มีความพร้อมในการก้าวสู่ศตวรรษที่ 21 โดยผู้เรียนควรมีทักษะที่สำคัญ 3 ประการ ประกอบด้วยทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและการทำงาน ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ จึงมีเป้าหมายการพัฒนาที่สำคัญเพื่อพัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดี เก่งและมีคุณภาพ โดยคนไทยมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 รักการเรียนรู้และการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต สู่การเป็นคนไทยที่มีทักษะสูง เป็นนวัตกรรม นวัตกรรม (Office of the National Economic and Social Development Board, 2019, p.8) ทำให้กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดเป้าหมายของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ไว้ว่า มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ยกตัวอย่างเช่น ทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นต้น (Office of the Education Council, 2017, p.16) นำไปสู่การปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Ministry of Education, 2017, p. 1)

ในปัจจุบันการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง (Ministry of Education, 2017, p. 3) โดยเน้นการสอนให้ผู้เรียนได้รู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ความเข้าใจทางเนื้อหาวิชา (Laohapaiboon, 2000) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการทดลองแม้จะใช้เวลามาก แต่จำเป็นสำหรับผู้เรียนที่จะค้นคว้าด้วยตนเอง เพราะจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ทั้งเนื้อหา กระบวนการในการแสวงหาความรู้และทักษะในการทดลอง

(Chamrat, 2014) จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ ร้อยละ 29.09 คะแนน โดยสาระที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด ได้แก่ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 27.27 คะแนน (National Institute of Educational Testing Service, 2025) และจากการสังเกตและวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2566 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์รายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพต่ำ โดยเนื้อหาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ปฏิบัติการเคมี เนื่องจากนักเรียนมีความคิดว่าปฏิบัติการเคมีเป็นสิ่งที่ไกลตัว เนื้อหาเข้าใจยาก เมื่อต้องทำปฏิบัติการทางเคมีนักเรียนยังไม่เข้าใจ จุดประสงค์ของการทดลอง ทำให้ยังไม่สามารถวางแผนทำการทดลองได้อย่างเป็นระบบ เมื่อครูให้เริ่มปฏิบัติการทดลองนักเรียนจะรอทำตามทีครูกบอก ทำให้การทดลองไม่สำเร็จตามที่วางแผนไว้ นอกจากนี้ผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์ของ PISA 2022 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 21 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ทั้งหมด จากรายงานผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์ PISA 2022 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังต้องได้รับการพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์ให้มากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนสามารถรับมือกับความท้าทายต่าง ๆ และปรับตัวเข้าให้เข้ากับแนวคิดและการทำสิ่งใหม่ ๆ ที่ต้องมีการพึ่งพานวัตกรรมและการสร้างองค์ความรู้มากขึ้น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2025)

การจัดการเรียนการสอนแบบเดิม ๆ ไม่สามารถตอบโจทย์ผู้เรียนในยุคใหม่ได้ ครูจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนให้ตอบโจทย์กับผู้เรียนในยุคใหม่ ด้วยการให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ (Petchlum & Tanunchabutra, 2020) โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้ทั้งความรู้และทักษะกระบวนการ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ คิด ออกแบบวางแผน ร่วมมือแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันผ่านการลงมือปฏิบัติจริง โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ เพื่อสร้างสรรค์ให้เกิดนวัตกรรมบนพื้นฐานของการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการฝึกฝนให้คิดอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมใหม่เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้จริง (Puapanpipat et al., 2025)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2015) ได้ปรับปรุงและพัฒนาขั้นตอนขึ้นเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อประเทศไทย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) 3) ออกแบบ วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) 4) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เพื่อพัฒนาทักษะการปฏิบัติการเคมีและความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่จะเป็นการส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ทั้งด้านทักษะการปฏิบัติการเคมีจนนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ใช้ในชีวิตประจำวันให้เกิดสิ่งใหม่ได้อีกทั้งยังเป็นฝึกฝน ทักษะการมนุษย์ที่เกิดการสร้างนวัตกรรมที่จะเป็นประโยชน์แก่ตนเองและสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis)

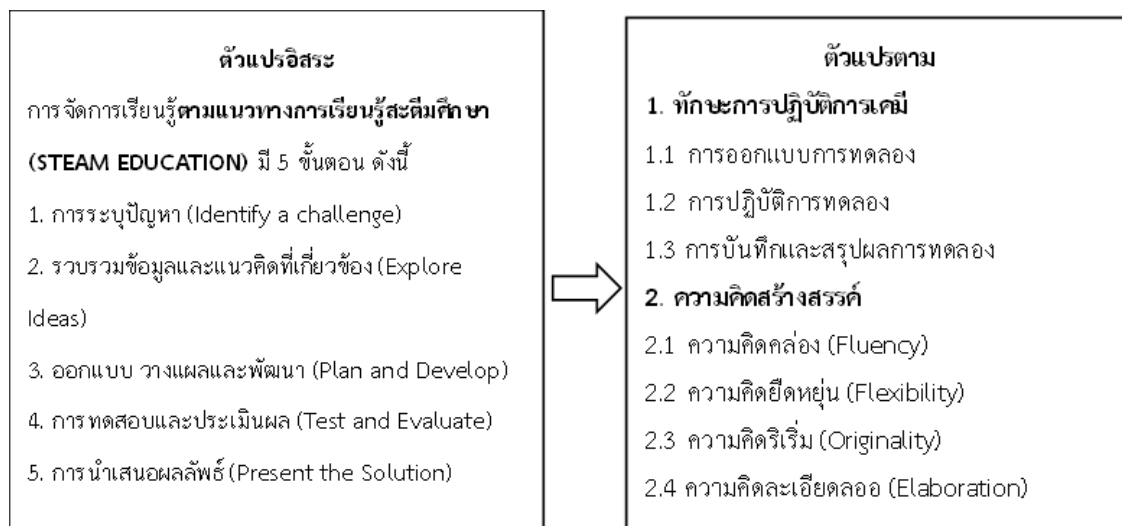
1. ทักษะการปฏิบัติการเคมีหลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียน
2. ความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

Figure 1

A development of chemistry laboratory skills and creative attitude towards learning management based on STEAM education of high school students

แสดงกรอบแนวคิดการพัฒนาทักษะการปฏิบัติการเคมีและความคิดสร้างสรรค์ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไมยววิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเชียงราย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 35 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไมยววิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเชียงราย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 32 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย โดยใช้ตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970) ในการกำหนดขนาดของตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental research) โดยดำเนินการทดลองแบบ One group pretest posttest design เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ (เคมี) เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนไมยววิทยาคม อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ วางแผนและพัฒนา การทดสอบและประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2025) จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนรวม 15 ชั่วโมง แล้วเสนอต่อ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อหาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี) และด้านการวัดและประเมินผล พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.88 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

Table 1

The edges of each learning plan are based on the concept of STEAM Education

ขอบข่ายของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขอบข่าย STEAM Education	แผนการจัดการเรียนรู้				
	เรื่อง สมการเคมี (3 ชั่วโมง)	เรื่อง ปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี (3 ชั่วโมง)	เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน (3 ชั่วโมง)	เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าในแบตเตอรี่ (3 ชั่วโมง)	เรื่อง การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน (3 ชั่วโมง)
(S) = Science	สมการเคมีในปฏิกิริยา	ผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน	ปฏิกิริยารีดอกซ์	ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน
(T) = Technology	สืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลลัพธ์				
(E) = Engineering	วางแผนและออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม				
(A) = Arts	ออกแบบขั้นตอนการทดลอง และสื่อความหมาย ผลการแก้ปัญหาที่น่าสนใจและเข้าใจง่าย				
(M) =Mathematics	วิเคราะห์ข้อมูล วัดผล และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้				

2. แบบประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมี เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน โดยใช้รูบรีค (Rubric Score) ประเมินทักษะกระบวนการ 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง และ 3) การรายงานการทดลอง โดยมีขั้นตอนการสร้าง คือ วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จากนั้นสร้างแบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์ประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมีแบบแยกองค์ประกอบและระดับการให้คะแนนโดยการแปลผลการประเมินทักษะปฏิบัติการเคมี สามารถแปลผลตามระดับคุณภาพ ดังนี้

ร้อยละคะแนน	ระดับคุณภาพ
80-100	ทักษะการปฏิบัติการเคมีในระดับ ดีมาก
65-79	ทักษะการปฏิบัติการเคมีในระดับ ดี
50-64	ทักษะการปฏิบัติการเคมีในระดับ พอใช้
< 50	ทักษะการปฏิบัติการเคมีในระดับ ปรับปรุง

จากนั้นนำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการเคมี พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และค่า

ความเชื่อมั่นโดยใช้ สูตรการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.91

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบทดสอบอัตนัย แบบเขียนตอบ จำนวน 12 ข้อ ซึ่งประเมินความสามารถ 4 ลักษณะ คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) โดยกำหนดเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกริยาเคมี ในชีวิตประจำวัน โดยกำหนดระดับคุณภาพของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

ร้อยละคะแนน	ระดับคุณภาพ
76-100	ดีมาก
51-75	ดี
26-50	ปานกลาง
0-50	ควรปรับปรุง

จากนั้นนำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 0.92 และนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.52 – 0.81 และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และวิธีการวัดและประเมินผล ทักษะปฏิบัติการเคมีและความคิดสร้างสรรค์ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย
2. ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ในรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพปรับปรุงและแก้ไขแล้ว
3. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับกลุ่มตัวอย่างด้วยแผน การจัดการเรียนรู้รายชั่วโมง จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 15 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
4. ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์กับนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง
5. นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาตรวจ ให้คะแนนและวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติการเคมีและความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (t-test) แบบไม่อิสระ (Dependent t-test) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียน ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

Table 2

The result of compare the chemistry laboratory skills of high school students who learned by using learning management based on STEAM education

แสดงผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	t	df	p	Normality (p > .05)
ก่อนเรียน	32	12	6.34	2.04	7.440	31	<.001	.052
หลังเรียน	32	12	8.97	1.99				.092

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จาก Table 2 พบว่า ทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ก่อนเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.34 และ 2.04 ตามลำดับ จากนั้นจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกริยาเคมี แล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยแบบประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมี เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ฉบับเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.97 และ 1.99 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกริยาเคมี มีทักษะการปฏิบัติการเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการรายงานการทดลอง ได้ผลปรากฏดัง Table 3

Table 3

The result of the chemistry laboratory skills score of chemical reactions of high school students

แสดงผลการวัดทักษะการปฏิบัติการเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

n=32

ทักษะการปฏิบัติการเคมี	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	แปลค่า
1. การวางแผนการทดลอง					
1.1 นักเรียนวางแผนการทดลองเป็นขั้นตอน	1	1.00	0.00	100.00	ดีมาก
1.2 นักเรียนกำหนดตัวแปรได้ถูกต้อง	1	0.94	0.25	100.00	ดีมาก
1.3 นักเรียนเลือกวัสดุ อุปกรณ์ได้เหมาะสม	1	0.78	0.42	78.00	ดี
1.4 นักเรียนเขียนวิธีการดำเนินการทดลองเป็นลำดับขั้นตอน	1	0.47	0.51	47.00	ควรปรับปรุง
รวม	4	3.19	0.93	79.75	ดีมาก
2. การปฏิบัติการทดลอง					
2.1 นักเรียนสามารถใช้งานอุปกรณ์พื้นฐานได้	2	1.56	0.50	78.00	ดี
2.2 นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนและสำเร็จในเวลาที่กำหนด	2	1.38	0.49	69.00	ดี
รวม	4	2.94	0.76	73.50	ดี

ทักษะการปฏิบัติการเคมี	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	แปลค่า
3. การรายงานการทดลอง					
3.1 นักเรียนเขียนรายงานครบถ้วนตามองค์ประกอบ	1.00	1.00	0.00	100.00	ดีมาก
3.2 นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง	1.00	1.00	0.00	100.00	ดีมาก
3.2 นักเรียนสรุปผลการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1.00	0.75	0.44	75.00	ดี
3.3 นักเรียนอภิปรายผลการทดลองอย่างละเอียด	1.00	0.09	0.30	9.00	ควรปรับปรุง
รวม	4.00	2.84	0.57	71.00	ดี
รวมทั้งหมด	12	8.97	1.99	74.75	ดี

จาก Table 3 พบว่า ผลการประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีหลังการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิบัติการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวม อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 8.97$, $SD = 1.99$) เมื่อพิจารณาเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนมีทักษะการวางแผนการทดลอง อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.19$, $SD = 0.93$) รองลงมา คือทักษะการปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับ ดี ($\bar{X} = 2.94$, $SD = 0.76$) และทักษะรายงานการทดลอง อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 2.84$, $SD = 0.57$) ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

Table 4

The result of compare the creativity attitude of high school students who learned by using learning management based on STEAM education

แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

รายการ	$\bar{X}$	SD	t	Sig.(1-tailed)	Normality (p > .05)
ก่อนเรียน	7.47	2.094	28.208	.000	.135
หลังเรียน	12.28	2.331			.063

จาก Table 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.81 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย หลังเรียนเท่ากับ 12.28 คะแนน ตามลำดับ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อแยกผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ปฏิบัติการเคมี โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดลออ ได้ผลปรากฏดัง Table 5

Table 5

The result of the creativity attitude score of high school students who learned by using learning management based on STEAM education

แสดงผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	แปลค่า
ความคิดคล่อง (Fluency)	4.00	3.38	0.71	84.50	ดีมาก
ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)	4.00	3.28	0.58	82.00	ดีมาก
ความคิดริเริ่ม (Originality)	4.00	2.84	0.85	71.00	ดี
ความคิดละเอียดลออ (Elaboration)	4.00	2.78	0.75	69.50	ดี
รวม	16.00	12.28	2.33	76.75	ดีมาก

จาก Table 5 พบว่า ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์หลังจากจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิบัติการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 12.28, SD = 2.33) ยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 เมื่อพิจารณาเป็นรายทักษะ พบว่า นักเรียนมีความคิดคล่อง ($\bar{X}$ = 3.38, SD = 0.71) อยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือ ความคิดยืดหยุ่น ($\bar{X}$ = 3.28, SD = 0.58) อยู่ในระดับดีมาก ความคิดริเริ่ม ($\bar{X}$ = 2.84, SD = 0.85) อยู่ในระดับดี และความคิดละเอียดลออ ($\bar{X}$ = 2.78, SD = 0.75) อยู่ในระดับดี ตามลำดับ

อภิปรายผล (Discussions)

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีทักษะการปฏิบัติการเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.34 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 8.97 คะแนน โดยผู้วิจัยทำการรวบรวมคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนจากการประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมีรายบุคคล และพิจารณาผลการประเมินทักษะการปฏิบัติการเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ปฏิบัติการเคมี โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการรายงานผลการทดลอง พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 8.97, SD = 1.99) เมื่อพิจารณารายทักษะ พบว่า นักเรียนมีทักษะการวางแผนการทดลอง อยู่ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X}$ = 3.91, SD = 0.93) รองลงมาคือ ทักษะการปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.94, SD = 0.76) และทักษะรายงานผลการทดลอง อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.84, SD = 0.57) ตามลำดับ เนื่องจากสเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการกลุ่มสาระวิชา 4 กลุ่ม (STEM) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และใช้ศิลปะมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนโดยกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำ (Active Learning) และพัฒนาทักษะต่าง ๆ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง (Munnui & Nasaree, 2022) ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Identify a challenge) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการเคมีในชีวิตประจำวัน กำหนดปัญหา เจาะลึกในการแก้ปัญหา หลังจากนั้นใช้เทคโนโลยี เช่น อินเทอร์เน็ตหรือปัญญาประดิษฐ์ในการสืบค้น รวบรวมข้อมูล หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจและออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหาในขั้นตอนออกแบบ วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก

ในการเรียนรู้ให้นักเรียน การเรียนรู้รูปแบบนี้ตรงกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism Learning Theory) (Ormrod, 2016) การที่จะฝึกนักเรียนวางแผนก่อนแก้ปัญหาแล้วตัดสินใจเลือกสิ่งที่เหมาะสมที่สุดได้นั้น ควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้คิดในขณะที่กำลังลงมือทำ ได้ฝึกการตัดสินใจและแก้ปัญหา (Wells, 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tiampeng (2023) ที่ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบ 6E ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับปัญหาเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ด้านการปฏิบัติการทดลอง ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มาใช้ในขั้นตอนการทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) ซึ่งหมายถึงการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่ตอบสนองความต้องการตามเกณฑ์ที่กำหนด (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2025) ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ นักเรียนได้สร้างหรือพัฒนา ทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงาน ถือเป็นขั้นตอนการฝึกทักษะการปฏิบัติการทดลองอย่างแท้จริง เนื่องจากนักเรียนต้องดำเนินการตามแผนที่ออกแบบไว้ เป็นการฝึกความคล่องแคล่วความแม่นยำ และการปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประมวลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้เหล่านั้นเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (NGSS Lead States, 2013) การเรียนรู้เช่นนี้จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เก่าได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบไม่เชื่อมโยงตามทฤษฎีการรับรู้และความคิดแบบประมวลผลข้อมูล (Ormrod, 2016) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Noi Wong and Wongthong (2020, p. 187) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิด การแก้ปัญหา และเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง และรายวิชาศิลปะ จะช่วยเพิ่มความคิดในการออกแบบและความยืดหยุ่นในการคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาหรือออกแบบการทดลองที่อาจไม่เป็นไปตามกรอบเดิม ๆ การเพิ่มรายวิชาศิลปะเข้าไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ อันจะนำไปสู่การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ด้านการรายงานการทดลอง ในขั้นตอนการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) มีการบูรณาการในรายวิชาคณิตศาสตร์ ในการบันทึกผลการทดลองให้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริง มีการใช้ตัวเลขในการวัด ใช้สถิติในการคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี เช่น แอปพลิเคชัน Canva ในการออกแบบกราฟ ตารางการทดลองให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสอดแทรกศิลปะการออกแบบที่เป็นรูปธรรมเข้าไป เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและลึกซึ้งสามารถทำให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดจินตนาการของตนเองออกมา (Testong & Po Negrn, 2022, p. 283) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเน้นไปที่การลงมือปฏิบัติ และการแก้ปัญหาจริงผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนจึงใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการออกแบบ วางแผน สร้าง ทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงาน ทำให้มีเวลาในการบันทึกและสรุปผลการทดลองอย่างละเอียดน้อย อาจส่งผลให้ไม่สามารถแสดงออกถึงทักษะด้านการบันทึกและสรุปผลการทดลองได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องกับงานวิจัย Atikah and Harjono (2025) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบการเรียนรู้แบบ STEAM เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะทางเคมี เรื่อง พันธะเคมี พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ STEAM ร่วมกับ Project-Based Learning (STEAM-PjBL) สามารถพัฒนาทักษะการเขียนทางวิทยาศาสตร์ได้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.81 คะแนนและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 12.28 คะแนน โดยผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนจากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์นักเรียนรายบุคคล พิจารณาผลการทดสอบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ความคิดคล่อง ($\bar{X} = 3.38$, $SD = 0.71$) อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากในขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาขั้นตอนการระบุปัญหา (Identify a challenge) ครูกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา เจาะลึกของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดภายใต้ภายในระยะเวลาที่กำหนดนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ (Guilford, 1950) มีการกำหนดปัญหาของสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบตายตัว ทำให้นักเรียนถูกกระตุ้นให้คิดหาแนวทางแก้ปัญหาหรือวิธีการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keeratichamroen and Phonnonong (2021, p. 11) ที่พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีจุดเด่นคือผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ความรู้ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอีกด้วย โดยเฉพาะในด้านความคิดคล่องแคล่วที่เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และเป็นความคิดที่ไม่ซ้ำกัน ในเวลาที่กำหนด

รองลงมาคือ ความคิดยืดหยุ่น ($\bar{X} = 3.28$, $SD = 0.58$) อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทั้ง 5 กิจกรรม หลังจากที่นักเรียนดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ต้องร่วมกันออกแบบ วางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เมื่อนักเรียนเริ่มทำการทดสอบและประเมินผลไปแล้ว แต่ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน นักเรียนต้องมีความยืดหยุ่นทางความคิดที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการ สาระตั้งต้นหรือขั้นตอนการทดลองใหม่เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง แทนที่จะล้มเลิกแนวคิดเดิม การเพิ่มรายวิชาศิลปะ (Arts) เข้าไปในการจัดการเรียนรู้ในขั้นของการออกแบบ วางแผน และพัฒนาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการคิดและสามารถต่อยอดความคิดนั้นไป จนทำให้เกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นมาในการพัฒนาประเทศได้ Yakman (2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Intavimolsri et al. (2019) ที่พบว่า การใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Epifani and Yosep (2023) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงคำนวณมีทักษะการคิดสร้างสรรค์โดยเฉพาะด้านความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหามากที่สุด

รองลงมาคือ ความคิดริเริ่ม ($\bar{X} = 2.84$, $SD = 0.85$) อยู่ในระดับดี เนื่องจากบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา คือส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีมาออกแบบ วางแผนและพัฒนาเพื่อให้ได้ชิ้นงานใหม่โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้มาสร้างแนวทางแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ไม่ซ้ำใคร อาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น (Guilford, 1950) หรือนำเสนอผลลัพธ์โดยใช้เทคโนโลยีหรือสื่อต่างๆ เช่น รูปภาพ สถิติ กราฟ หรือองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อนำเสนอแนวคิดให้เพื่อเข้าใจง่ายที่สุด โดยแนวคิดสะเต็มศึกษามีฐานคิดมาจากทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ที่อธิบายว่า หากผู้เรียนได้สร้างความรู้และนำความรู้ไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะช่วยให้ความคิดนั้นเห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ซึ่งความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นจะมีความหมายอยู่คงทนและไม่ลืมง่าย (Khammanee, 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Panduweni et al. (2024) พบว่า ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและสะเต็มศึกษาทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนจำเป็นต้องใช้ไอเดียใหม่ในการหาแนวทางในการแก้ปัญหา ความคิดริเริ่มเดิมจึงเป็นความสามารถในการสร้างนวัตกรรมที่ผู้อื่นยังไม่เคยทำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sankhom (2023) ที่พบว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม

ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความคิดละเอียดลออ ($\bar{X} = 2.78$, $SD = 0.75$) อยู่ในระดับดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิบัติการเคมี นักเรียนต้องออกแบบและวางแผนขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทดลองให้เป็นลำดับขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น อีกทั้งในขั้นตอนการนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) นักเรียนร่วมกันเรียบเรียงรายงานการทดลอง ข้อมูลในการนำเสนอ เพื่ออธิบายให้เพื่อนคนอื่น ๆ และครูฟังให้เข้าใจง่ายที่สุด ทั้งนี้การนำศิลปะเข้ามาช่วยในการนำเสนอผลลัพธ์ จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ความรู้ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Junthorn and Suwansil (2025) ที่พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนต้องช่วยกันสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ได้ระบุไว้ ศึกษาแนวคิดในแต่ละศาสตร์วิชาให้ละเอียดอย่างเป็นขั้นตอน เป็นขั้นตอนส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ ครูควรมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็น ทั้งในด้านแหล่งข้อมูล วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี พื้นฐาน ห้องปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนทำกิจกรรมให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่วางไว้ในระยะเวลาที่กำหนด

1.2 เพื่อให้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น และความน่าสนใจของนักเรียน ครูควรนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน หรือแอปพลิเคชันที่นักเรียนนิยมรู้จักมาประยุกต์ใช้ในบางขั้นตอน เช่น ให้นักเรียนนำเสนอผลงานผ่านโซเชียลมีเดีย โดยครูกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเพิ่มเติม การให้คะแนนจากยอด Engagement ของโซเชียลมีเดียต่างๆ เพื่อเป็นการโหวตผลงานที่โดดเด่นที่สุด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาทักษะปฏิบัติการเคมีนั้น ครูควรเพิ่มเวลาให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม และเรียบเรียงทฤษฎีเหล่านั้นในสำหรับการอธิบายผลการทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะส่งเสริมทักษะการรายงานการทดลอง

2.2 นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ ของผู้เรียน เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะไปใช้ในการคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้พัฒนาความคิด กระบวนการแก้ปัญหา และเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง

References

- Chamrat, S. (2014). *Science teaching*. <https://share.google/AdRRRiovhbGdqRuFF> [in Thai]
- Choeichaeng, P., Phiwluang, N., Bunthiam, P., & Pongsophon, P. (2024). STEAM education and development of scientific attitudes. *Journal of Research for Learning Reform*, 5(2), 70–80. [in Thai]
- Epifani, P. M., & Yosep, D. K. (2023). Integrating STEAM Education and Computational Thinking: Analysis of Students' Critical and Creative Thinking Skills in an Innovative Teaching and Learning. *Southeast Asia Mathematics Education Journal*, 13(1), 1-18. DOI: 10.46517/seamej.v13i1.241
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454.
- Intavimolsri, S., Kaewdee, S., & Pattaradilokrat, S. (2019). Effects of Using the STEAM Education Approach in Biology on Scientific Creativity and Learning Achievement of Tenth Grade Students. *Journal of Education Studies*, 47(2), Article 24. DOI: 10.58837/CHULA.EDUCU.47.2.23 [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2025). *PISA 2022 Assessment Results on Creativity*. <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-22/> [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2015). *STEM education activity manual for Grades 1–3*. Suksapan Panit. [in Thai]
- Indriastuti, A., & Harjono, H. (2025). Development of a steam-based learning module to enhance scientific writing skills and chemical literacy in chemical bonding material. *PESHUM: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 5(1), 579-585. DOI: 10.56799/peshum.v5i1.13130
- Junthorn, K., & Suwansil, P. (2025). The development of creative thinking skills based on STEAM education using an engineering design process of seventh graders. *Rattanakosin Journal of Social Sciences and Humanities (RJSH)*, 7(1), 66-84. [in Thai]
- Keeratichamroen, W., & Phonnonong, I. (2021). Developing and evaluating a learning management system of STEAM education for enhancing creative thinking of students in small elementary schools. *NRRU Community Research Journal*, 16(1), 78-91. DOI: 10.14456/nrru-rdi.2022.7
- Khemmanee, T. (2008). *The Science of Teaching: Knowledge for Organizing Effective Learning Process*. Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. DOI: 10.1177/0013164470030003
- Laohapaiboon, P. (1999). *Science teaching approaches*. Thai Watana Panich. [in Thai]
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core learning content of the science learning area (Revised edition B.E. 2560)*. Agricultural Co-operative Federation of Thailand. [in Thai]
- Munnui, S., & Nasaree, N. (2023). A Study on the Result of Inquiry-Based Learning Management (5E) with the use of Board Games about the Stars in the Solar System for Enhancing Competency of Explanation Phenomena Scientifically Ability of Grade 4 Students. *NEUARJ NEU Academic and Research Journal*, 13(3), 1-15. [in Thai]

- National Institute of Educational Testing Service. (2025). *Summary of the Ordinary National Educational Test (O-NET) results for grade 12, academic year 2023*. <https://www.niets.or.th> [in Thai]
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. The National Academies Press.
- Noiwong, W., & Wongthong, P. (2020). Learning activity based on STEAM education that emphasizes engineering design process in topic of hydroponics for enhancing 21st century skills of upper elementary school students. *Journal of Science and Science Education*, 3(2), 177-189. [in Thai]
- Office of the Education Council. (2017). *National education scheme 2017-2036*. Prikwam Graphic. [in Thai]
- Office of the National Economic and Social Development Board. (2019). *National strategy (2018-2037)*. Office of the National Economic and Social Development Council. [in Thai]
- Ormrod, J. E. (2016). *Human learning* (7th ed.). Pearson.
- Panduweni, M., Suhartini, E., & Haerani, R. P. R. (2024). Revitalizing creativity: Enhancing students' creative thinking through STEAM and project-based learning in human respiration studies. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 13(2), 172-181. DOI: 10.24235/sc.educatia.v13i2.18223
- Petchlum, J., & Tanunchabuttra, P. (2020). *The development of scientific conceptualizing and integrated science process skills using STEAM education approach and graphic organizer in biology of 11th grade students*. <https://app.gs.kku.ac.th/gs/th/publicationfile/item/21th-ngrc-2020/HMP13/HMP13.pdf> [in Thai]
- Puapanpipat, J., Prakobsri, C., Thongsaitan, A., & Nillapun, M. (2025). The development of science process skills with learning activities by using STEAM education of grade 4 students. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 15(2), 70-77. [in Thai]
- Sankhom, A. (2024). *The development of creativity and innovation and attitude towards learning management based on STEAM education of high school students* [Unpublished master's thesis]. University of Phayao. [in Thai]
- Sungthong, P., & Phumkeaw, P. (2020). The development of science process skills of Mathayomsuksa 4 students using experimental activities package on properties of elements and compounds. *Sisaket Rajabhat University Journal*, 14(2), 12-28. [in Thai]
- Testong, N., & Po Negrn, W. (2022). The effective of science learning based on the STEAM education to promote the ability of innovation and attitude towards science of Mathayomsuksa one students. *Journal of Education, Silpakorn University*, 20(1), 274-288. [in Thai]
- Tiampeng, P. (2023). *Development of Integrated Science Process Skills and Scientific Creativity Thinking of Mathayomsuksa 1 Students Based on STEAM Education by Producing Work Pieces from Waste Materials* [Master's thesis, Mahasarakham University]. <http://202.28.34.124/dspace/handle123456789/1950> [in Thai]
- Wells, J. (2016). PIRPOSAL model of integrative STEM education: Conceptual and pedagogical framework for classroom implementation. *Technology and Engineering Teacher*, 75, 12-19.
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086. DOI: 10.14697/jkase.2012.32.6.1072