

บทความวิจัย (Research Article)

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
THE EFFECT OF STEAM PROJECT-BASED LEARNING BY ENGINEERING DESIGN
PROCESS ON PROBLEM-SOLVING ABILITY FOR GRADE 8 STUDENTS

Received: September 15, 2020

Revised: November 9, 2020

Accepted: November 13, 2020

ธิตทิพัทธ์ เดชพิพัฒน์วรกุล^{1*} กฤษณา คิตติ² และศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี³
Thitiphat Detphiphatworakul^{1*} Krissana Kiddee² and Sirirat Petsangsri³

^{1,2,3}สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง^{1,2,3}King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษประเภทสหศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 40 คนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และกลุ่มควบคุม 40 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Sample Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ใบกิจกรรม (โครงงานสะเต็มศึกษา) มีค่า IOC เท่ากับ 0.71-1.00 และ 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่า IOC เท่ากับ 0.57-1.00 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.90 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลการวิจัย พบว่า

1. ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.46$)
2. ผลการศึกษาศักยภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน (E_1/E_2) เท่ากับ 79.53/77.03 สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 75/75
3. ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสูงกว่า การจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ความสามารถในการแก้ปัญหา โครงงานสะเต็มเป็นฐาน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop a lesson plan of STEAM Project-based Learning by engineering design process to develop on students' problem-solving ability, 2) to study the effectiveness of a learning process of STEAM Project-based Learning by engineering design, and 3) to compare of problem-solving ability between the students learning with STEAM Project-based Learning by engineering design process and the students learning with normal teaching. This research was an experimental research. The samples of this study were 80 grade 8 students from a secondary school in Bangkok. A total number of 80 students were randomly selected by using cluster random sampling method. They were divided into an experimental group (n = 40) was taught using STEAM Project-based Learning by engineering design process and a control group (n = 40) was taught using normal learning method. The research instruments consisted of 1) the lesson plan of STEAM Project-based Learning by engineering design process, 2) the worksheets (STEAM Project) received validity (IOC) between 0.71-1.00, and 3) problem-solving ability test was valid (IOC) between 0.57-1.00, reliability at 0.90. The statistical methods used in data analysis are Percentage, Mean, Standard Deviation, Inter-rater Reliability (Pearson's correlation), and Independent Sample t-test. The results of this research revealed that;

1. The quality of a STEAM Project-based Learning by engineering design process lesson plan from experts in curriculum and teaching received the overall quality at the highest level ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.46$).
2. The effectiveness of STEAM Project-based Learning by engineering design process learning method according to standard (E_1/E_2) was equal to 79.53/77.03 complies with the standards that defined not lower than 75/75.
3. The problem-solving ability of the students in STEAM Project-based Learning by engineering design process was significantly higher than the students in normal learning at the level of .05.

Keywords: Problem-Solving Ability, STEAM Project-based Learning, Engineering Design Process

บทนำ

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของนักเรียนที่ต้องการให้เกิดขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมุ่งพัฒนาให้นักเรียนแสวงหาความรู้ ประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อการแก้ปัญหา และอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม เข้าใจความสัมพันธ์ และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม และมีกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม สิ่งแวดล้อม ได้อย่างเหมาะสม (Ministry of Education, 2017) อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะอื่นๆ และเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ของมนุษย์ในสังคมที่จะต้องเผชิญกับปัญหาและคอยแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่เผชิญอยู่รอบตัวตลอดเวลา ซึ่งต้องได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน และเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนสู่โลกแห่งอนาคต (Partnership for 21st Century Skills, 2008)

ผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) PISA 2015 ด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving: CPS) ด้วยข้อสอบระบบคอมพิวเตอร์ที่จำลองสถานการณ์ในชีวิตจริงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ปฏิบัติตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย และหาแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน พบว่า นักเรียนกลุ่ม

โรงเรียนเน้นวิทยาศาสตร์และโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยในประเทศไทยมีคะแนน CPS เฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) แต่นักเรียนกลุ่มโรงเรียนทั่วไป มีคะแนน CPS เฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม OECD (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019, pp. 5-9) สอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในภาคการศึกษาที่ผ่านมา เมื่อผู้วิจัยในฐานะผู้สอนให้โจทย์สถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยมอบหมายให้นักเรียนศึกษาปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เสนอแนวทางในการแก้ปัญหา และสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ชัดเจน เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้ไม่หลากหลาย อีกทั้งไม่สามารถบูรณาการความรู้ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของปัญหา ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงคิดว่านักเรียนของผู้วิจัยขาดความสามารถในการแก้ปัญหา

โครงการสะเต็มเป็นฐาน (STEAM Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning: PBL) บูรณาการรูปแบบข้ามศาสตร์วิชาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEAM Education) โดยเชื่อมโยงความรู้และทักษะกระบวนการที่สำคัญของทั้ง 5 ศาสตร์วิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Art) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (Yakman, 2008) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ซับซ้อนอย่างเป็นระบบ ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Tongchai, 2016) ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ IPST (2014) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จากการศึกษาเอกสารผลการวิจัยของ Wongthong (2020) พบว่า นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Lertyosbordin et al. (2020) พบว่า หลังการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์ เมื่อทำการประเมินผลการเรียนรู้ซ้ำ 6 รอบ นักเรียนมีผลการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหารอบสุดท้ายอยู่ในระดับดีมาก

ผู้วิจัยจึงได้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาแบบที่วิศวกรทำงาน ส่งเสริมให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นระบบ ชัดเจน มีประสิทธิภาพ สามารถลงมือปฏิบัติได้จริง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหตามสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม (Kijkuakul, 2015, pp. 205-207) โดยงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำสถานการณ์ COVID-19 ที่เป็นปัญหาระดับโลกและส่งผลกระทบต่อนักเรียนโดยตรง ซึ่งแตกต่างจากปัญหาในชีวิตประจำวันทั่วไป มาใช้เป็นกรณีศึกษาให้กับนักเรียนได้ร่วมกันศึกษาปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เสนอแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาดังกล่าว ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องภารกิจพิชิต COVID-19 รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลองครั้งนี้

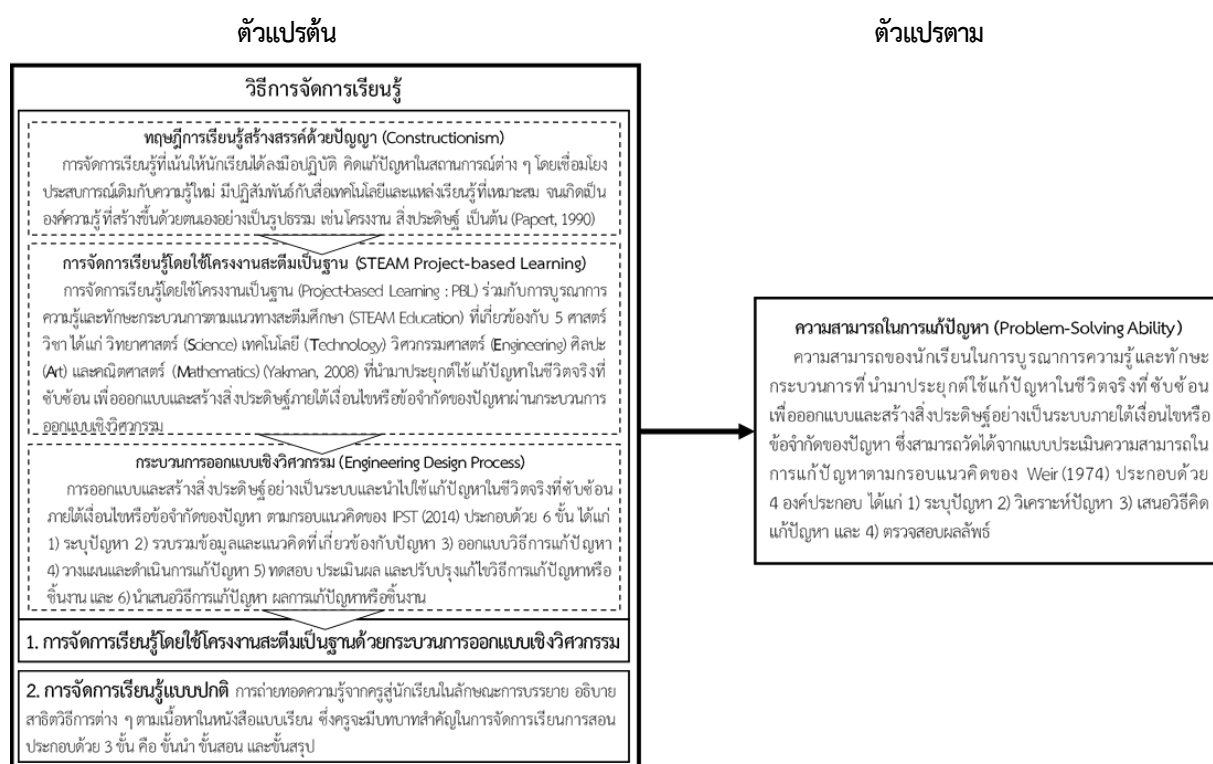
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยไว้ดังนี้



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 14 ห้องเรียนๆ ละ 40 คน รวมทั้งสิ้น 560 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา แห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ห้องเรียนๆ ละ 40 คน รวมทั้งสิ้น 120 คน

คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และกำหนดเป็นกลุ่มหาประสิทธิภาพ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมด้วยวิธีการจับสลาก โดยแต่ละห้องมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

ห้องที่ 1 กลุ่มหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ จำนวน 40 คน คือ กลุ่มที่นำมาใช้ในการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ห้องที่ 2 กลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ห้องที่ 3 กลุ่มควบคุม จำนวน 40 คน คือ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ซึ่งทั้ง 3 ห้องนี้ เป็นห้องที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยด้วยตนเองทุกขั้นตอน และดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ดังนี้

1) ระหว่างห้องมีความสามารถทางการเรียนรู้ใกล้เคียงกัน โดยใน 1 ห้อง จะละความสามารถ ประกอบด้วยเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน เท่าๆ กัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์เกรตเฉลี่ยรวมของแต่ละห้อง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน

2) หลังจากที่ได้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เมื่อพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทในชั้นเรียนมากที่สุด และมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้จริง ผู้วิจัยจึงได้นำไปดำเนินการจัดการเรียนรู้ชุดเดียวกันกับนักเรียนห้องกลุ่มควบคุมเพื่อให้ได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเท่าเทียมกันในเดือนถัดไป

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่องภารกิจพิชิต COVID-19 รายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี 2 วิธี ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2) การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 กำหนดระยะเวลาในการทดลอง จำนวน 18 คาบ และการทดสอบ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที) รวมทั้งสิ้น 20 คาบ

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม โดยมีการจัดกระทำ (Treatment) ที่สะท้อนถึงตัวแปรต้น และการวัดค่าตัวแปรตาม (Observation) เฉพาะหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest Only Control Group Design) ผู้วิจัยประยุกต์ใช้ตามกรอบแนวคิดของ Suwathanpornkul (2019, p. 144) ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 1 แผน (แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้) ประกอบด้วย 6 กิจกรรม รวมระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 18 คาบ (คาบละ 50 นาที) การออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของ McGuff (2000) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การนำไปใช้ และ 5) การประเมินผล ซึ่งตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการ

เรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 10 ท่าน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.46$)

1.2 ใบกิจกรรม (โครงการสะสมศึกษา) จำนวน 6 ใบ คะแนนเต็ม 160 คะแนน มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามกรอบแนวคิดของ IPST (2014) ซึ่งได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างใบกิจกรรม ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา/วิจัยการศึกษา จำนวน 7 ท่าน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่า IOC มีค่าอยู่ที่ 0.71 - 1.00

1.3 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 1 ฉบับ 16 ข้อ (ข้อละ 4 คะแนน) คะแนนเต็ม 64 คะแนน มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย สอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดของ Weir (1974) ซึ่งได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบทดสอบ ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา/วิจัยการศึกษา จำนวน 7 ท่าน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่า IOC มีค่าอยู่ที่ 0.57-1.00 แล้วนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยผ่านการเรียนเนื้อหาที่มาก่อนแล้ว ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีองค์ความรู้ ความสามารถใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน คำนวณค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตร α ของ Cronbach พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.90

1.4 แบบประเมินใบกิจกรรม (โครงการสะสมศึกษา) โดยการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Scoring Rubrics) จำนวน 4 ระดับ ตามกรอบแนวคิดของ Wiggins (as cited in Saleh, 2019, p. 3) คือ 4 (ดีมาก) 3 (ดี) 2 (พอใช้) และ 1 (ปรับปรุง) พิจารณาตามองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดของ IPST (2014) ซึ่งได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบประเมิน ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา/วิจัยการศึกษา จำนวน 7 ท่าน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่า IOC มีค่าอยู่ที่ 0.71-1.00 ความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) จำนวน 2 ท่าน โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.95

1.5 แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Scoring Rubrics) จำนวน 4 ระดับ พิจารณาตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) ซึ่งได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบประเมิน ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา/วิจัยการศึกษา จำนวน 7 ท่าน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่า IOC มีค่าอยู่ที่ 0.57-1.00 ความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) จำนวน 2 ท่าน โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.90

1.6 แบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดไว้ 8 องค์ประกอบ ประยุกต์ใช้ตามกรอบแนวคิดของ Angganapattarakajorn (2012, pp. 37-40) และส่วนที่ 2 การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดไว้ 6 ด้าน ประยุกต์ใช้ตามกรอบแนวคิดของ Moolkum and Moolkum (2019, pp. 108-116) ซึ่งได้นำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบประเมิน ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา/วิจัยการศึกษา จำนวน 7 ท่าน ประเมินความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่า IOC มีค่าอยู่ที่ 0.71-1.00

ทั้งนี้ การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยภายใต้ความควบคุมดูแลของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีองค์ความรู้ ความสามารถใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งนำกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสมเป็นระยะๆ ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

2.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้หลังผ่านการประเมินคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้

2.3 ก่อนดำเนินการทดลองใช้และการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ชี้แจง สร้างความเข้าใจและความชัดเจนร่วมกันกับนักเรียนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงการรายงานผลการวิจัย จะไม่ปรากฏข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับความลับและปกป้องผลที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการวิจัย

2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้หลังผ่านการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) กลุ่มทดลองผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ระยะเวลา 18 คาบ)

2) กลุ่มควบคุมผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (ระยะเวลา 18 คาบ)

2.5 หลังจากการดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาแก่นักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันทั้งสองกลุ่ม ใช้ระยะเวลา 2 คาบ ทั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ทดสอบความสามารถของนักเรียน และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใบกิจกรรม แบบทดสอบ และแบบประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลหาคุณภาพของแบบประเมินใบกิจกรรม และแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2 ซึ่งกำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 75/75 โดยการใช้ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยการใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent Sample t-test)

ผลการวิจัย

1. ผลการหาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (n = 10)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
ส่วนที่ 1 ความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้			
องค์ประกอบที่ 1 ส่วนนำและส่วนท้ายของแผนการจัดการเรียนรู้	4.85	0.36	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 2 สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด	4.75	0.44	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 3 จุดประสงค์การเรียนรู้	4.55	0.69	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 4 เนื้อหา/สาระการเรียนรู้	4.75	0.44	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 5 ชิ้นงาน/ภาระงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 6 การจัดการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้	4.88	0.33	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 7 สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.74	0.49	มากที่สุด
รวม (ส่วนที่ 1)	4.81	0.42	มากที่สุด
ส่วนที่ 2 คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้			
ด้านที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้	4.77	0.45	มากที่สุด
ด้านที่ 2 เนื้อหาสาระ	4.70	0.46	มากที่สุด
ด้านที่ 3 การจัดการเรียนรู้/กิจกรรมการเรียนรู้	4.76	0.47	มากที่สุด
ด้านที่ 4 สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้	4.67	0.54	มากที่สุด
ด้านที่ 5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.69	0.51	มากที่สุด
ด้านที่ 6 ความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ	4.80	0.43	มากที่สุด
รวม (ส่วนที่ 2)	4.74	0.47	มากที่สุด
รวม (ส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2)	4.77	0.46	มากที่สุด

จากตาราง 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน พบว่า คุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.46$) เมื่อพิจารณาแต่ละส่วน พบว่า ส่วนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.81$, $SD = 0.42$) ทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ องค์ประกอบที่ 5 ชิ้นงาน/ภาระงานจำนวน ($\bar{X} = 5.00$, $SD = 0.00$) และส่วนที่ 2 การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.74$, $SD = 0.47$) ทุกด้าน โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านที่ 6 ความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ($\bar{X} = 4.80$, $SD = 0.43$)

2. ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามเกณฑ์มาตรฐาน E_1/E_2 รายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้

ผลการทดลอง	จำนวนนักเรียน	เกณฑ์ประสิทธิภาพ	คะแนน		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้
			คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
ระหว่างเรียน (E_1)	40	75 (E_1)	160	127.25	79.53 (E_1)	79.53/77.03
หลังเรียน (E_2)	40	75 (E_2)	64	49.30	77.03 (E_2)	

จากตาราง 2 ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า คะแนนของนักเรียนจากการทำใบกิจกรรม (โครงงานสะเต็มศึกษา) เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน (E_1) เท่ากับ 127.25 และคะแนนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากการจัดการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (E_2) เท่ากับ 49.30 ซึ่งมีประสิทธิภาพของกระบวนการต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 79.53/77.03 สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 75/75

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยผู้วิจัยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (Independent Sample t-test) รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน

กลุ่มการเรียนรู้	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	Sig.
การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	40	64	52.33	7.46	9.31	78	0.00*
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	40	64	35.03	9.08			

*Sig. < 0.05 (ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05)

จากตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 52.33 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 35.03 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาและการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 10 ท่าน พบว่า ผลการตรวจสอบคุณภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.46$) ทั้งนี้ เนื่องมาจากก่อนที่ผู้วิจัยจะออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษา วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของรายวิชาการออกแบบและเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พร้อมทั้งสืบค้นเพื่อรวบรวมข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นกรอบเนื้อหา สื่อการเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ การกำหนดองค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ประยุกต์ใช้ตามกรอบแนวคิดของ Angganapattarakajorn (2012, pp. 37-40) ส่งผลให้แผนการจัดการเรียนรู้มีความครบถ้วน ครอบคลุม สอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ เหมาะสมกับการนำไปใช้ในชั้นเรียน และก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้นำไปหาคุณภาพโดยประยุกต์ใช้ตามกรอบแนวคิดของ Moolkum and Moolkum (2019, pp. 108-116) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนพิจารณาตรวจสอบและประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งอาจยังมีข้อบกพร่อง ควรปรับปรุง ส่งผลให้มีความน่าเชื่อถือ เหมาะสม สอดคล้อง สัมพันธ์กันทุกองค์ประกอบ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น ตามที่ Pornkul (2012) ได้กล่าวถึงแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เขียนไว้ล่วงหน้า ทำให้ครูมี

ความพร้อม มั่นใจว่าจะจัดการเรียนรู้ได้อย่างราบรื่น บรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกับ Sinpeng (2010, pp.79-80) ได้กล่าวถึงการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ครูวิเคราะห์จากคำอธิบายรายวิชา หน่วยการเรียนรู้ และนำผลการวิเคราะห์มาจัดเตรียม ทำแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้า เพื่อครูจะได้มีความพร้อมมากที่สุดในจัดการเรียนรู้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทุกขั้นตอน ทั้งนี้ ยังมีงานวิจัยที่ได้ดำเนินการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง กับกลุ่มตัวอย่างในลักษณะคล้ายคลึงกับผู้วิจัย ดังงานวิจัยของ Praphin et al. (2019, p. 30) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแบบ การจัดการเรียนรู้วิชาคอมพิวเตอร์ด้วยการเรียนแบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัย พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของแผนการ จัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.54$, $SD = 0.58$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Molanil (2016) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานเรื่องการเขียนโปรแกรมภาษาซีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทพศิรินทร์ ผลการวิจัย พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, $SD = 0.57$)

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.53/77.03 สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ คือ ไม่ต่ำกว่า 75/75 ทั้งนี้ เนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นการบูรณาการ โดยการนำความรู้ ทักษะกระบวนการของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์มาใช้ในลักษณะ รูปแบบโครงงาน เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่เหมาะสมสอดคล้องกับการนำไปใช้ แก้ปัญหาในสถานการณ์ชีวิตประจำวันที่ซับซ้อนอย่างเป็นระบบ สามารถช่วยให้ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ภายใต้เงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดของปัญหา คำนี้ถึงทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ตามที่ National Research Council (2012) ได้กล่าวว่าการผนวกแนวคิด สะเต็มศึกษาเข้ากับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาความรู้ ความสามารถ และฝึกทักษะที่สำคัญของศาสตร์วิชาที่ นำมาบูรณาการให้กับนักเรียนผ่านการทำกิจกรรม นักเรียนจะนำความรู้มาใช้ในการออกแบบวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ ผลผลิต จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ เทคโนโลยีที่ตอบสนองความต้องการหรือการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ไปให้ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนตรวจสอบและประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำมาทดสอบประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ และนำไปทำการทดสอบกับกลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีองค์ความรู้ ความสามารถใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยจับกลุ่มแบบคละความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อทดสอบ ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ ใบความรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความชัดเจนของภาษา ความยากง่ายของ เนื้อหา ข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น ความเหมาะสมของกิจกรรมและระยะเวลาที่ใช้ ปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสมเป็นระยะๆ เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของชั้นเรียนมากที่สุด ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง กล่าวสรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เมื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จะมีประสิทธิผลต่อผลลัพธ์ สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องตามกรอบแนวคิดของ Brahmawong (2013, pp. 7-19) ที่กล่าวว่าการผลิตสื่อการเรียนรู้หรือแผนการ จัดการเรียนรู้นั้นก่อนนำไปใช้จริง จำเป็นต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาผลของการนำไปใช้ว่าสามารถช่วยให้นักเรียนมี ความรู้ ความสามารถเพิ่มขึ้นหรือไม่ กระบวนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่อย่างไร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Songkhwaee and Onthanee (2017) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รัชชทินถิ่น แม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่อง วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.21/76.30 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jittreechao et al. (2018, p. 145) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์ในวิชาโครงงานคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัย พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.50/82.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหา การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และการนำไปใช้แก้ปัญหา ซึ่งแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนได้อย่างเป็นระบบ มีความเป็นรูปธรรม ชัดเจน จะเห็นได้จากในขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เริ่มต้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการให้นักเรียนชมวิดีโอการจำหน่ายกาแฟและน้ำหวานในช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดของโรค COVID-19 แต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์รายละเอียดของปัญหาด้วยการใช้คำถาม 5W1H รวมถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหาทั้งทางด้านตนเอง ชุมชน และประเทศชาติ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำความเข้าใจกับปัญหา พร้อมทั้งระบุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา และสรุปขอบเขตของปัญหาได้อย่างละเอียดและชัดเจน ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยแนะนำแหล่งสืบค้นออนไลน์ที่น่าเชื่อถือ นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในรูปแบบแผนที่ความคิด (Mind Mapping) พร้อมทั้งระบอบุคความรู้และทักษะกระบวนการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการเสนอแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบ สร้างระบบสมองกลอัจฉริยะและนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ COVID-19 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี โดยใช้แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และสามารถนำความรู้ ทักษะกระบวนการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) มากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างระบบสมองกลอัจฉริยะ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ COVID-19 ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มนำกรอบแนวคิดจากขั้นที่ 2 มาออกแบบร่าง 3 มิติของระบบสมองกลอัจฉริยะด้วยโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 3 มิติ (Paint 3D) เพื่อให้เห็นภาพเสมือนจริงในทุกมิติทั้งด้านบน ล่าง ซ้าย ขวา หน้า หลัง และองค์ประกอบอื่นๆ โดยรวมของระบบสมองกลอัจฉริยะ ก่อนนำไปสร้างต้นแบบนวัตกรรม (Prototype) ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถออกแบบร่าง 3 มิติของระบบสมองกลอัจฉริยะได้เสมือนจริงทุกองค์ประกอบชัดเจน ทั้งการกำหนดสีและขนาดของรูปทรง ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างต้นแบบนวัตกรรม (Prototype) ระบบสมองกลอัจฉริยะ ซึ่งนักเรียนจะนำกรอบแนวคิดและแบบร่าง 3 มิติ ที่ได้ออกแบบไว้ มาสร้างสรรค์ระบบสมองกลอัจฉริยะ ก่อนเริ่มลงมือสร้างระบบสมองกลอัจฉริยะผู้วิจัยได้แจกเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Scoring Rubrics) กับนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางในการประเมินสิ่งประดิษฐ์ โดยในขั้นนี้จะมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในรูปแบบข้ามศาสตร์วิชาอย่างมาก เพราะต้องนำความรู้ ทักษะกระบวนการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) มาใช้สร้างระบบสมองกลอัจฉริยะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในร้านจำหน่ายกาแฟและน้ำหวานช่วงสถานการณ์ COVID-19 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถสร้างสรรค์ระบบสมองกลอัจฉริยะได้สอดคล้องกับแนวคิดและแบบร่าง 3 มิติตามที่ได้ออกแบบไว้ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยได้จำลองสถานที่ในการทดสอบให้มีความคล้ายคลึงกับบริบทจริง ก่อนนำไปทดสอบนักเรียนแต่ละกลุ่มสลับกันตรวจสอบรูปทรง ขนาด การออกแบบ และการสร้างตรงตามเงื่อนไข แนวคิด และแบบร่าง 3 มิติหรือไม่ หากพบว่าไม่ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ กลุ่มเจ้าของระบบสมองกลอัจฉริยะก็จะนำกลับไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้สอดคล้องตรงตามแนวคิดและแบบร่าง 3 มิติมากที่สุด หลังจากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ ดังนี้ ระยะเวลา ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ไป-กลับ ระบบการตรวจจับวัตถุ (แก้วน้ำขนาด 22 OZ) มอเตอร์ควบคุมการทำงานของล้อ และการรับน้ำหนักในการบรรทุกวัตถุ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดสอบและปรับปรุงตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจนได้ระบบสมองกลอัจฉริยะที่เหมาะสมกับสถานการณ์ COVID-19 และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการแก้ปัญหาและสิ่งประดิษฐ์ตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยรูปแบบอินโฟกราฟฟิค (Infographic) สื่อความหมายได้ชัดเจน ทั้งการจัดวางภาพ การให้สี รวมถึงองค์ประกอบอื่นๆ เหมาะสม น่าสนใจ โดดเด่น สะดุดตา เนื้อหาที่นำเสนอเป็นสาระสำคัญผ่านการจัดกระทำ

ข้อมูลมาแล้ว ทำให้ผู้ฟังสามารถเข้าใจ ติดตามการนำเสนอได้อย่างราบรื่น ไม่ติดขัด เข้าใจได้ง่ายตามลำดับขั้นตอนการดำเนินโครงการสะสมศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Noi Wong and Wongthong (2020, p.177) ได้ทำการศึกษาการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมสะสมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกันเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wicheansang et al. (2018, p. 150) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะสมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wongthong (2020, p. 3) ได้ทำการศึกษาการเรียนรู้บูรณาการสะสมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังเรียน (ร้อยละ 47.85) สูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 30.46) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สำหรับนักเรียนที่ยังไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะสมเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ครูควรใช้คำถามชักชวนให้คิด การตรวจสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring Rubrics) ของสิ่งประดิษฐ์ที่กำหนดไว้ และสะท้อนผลการทดสอบสิ่งประดิษฐ์ได้ด้วยตนเอง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพ เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดของปัญหา

1.2 เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาของผู้วิจัยจึงสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring Rubrics) ของสิ่งประดิษฐ์ให้กับนักเรียน ถ้าครูมีเวลามากเพียงพอควรเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring Rubrics) ของสิ่งประดิษฐ์เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งการทำงานของนักวิศวกร ซึ่งในชีวิตจริงอาจจะไม่มีเกณฑ์การแก้ปัญหอย่งเป็นรูปธรรม

1.3 งานวิจัยนี้ใช้เพียงกิจกรรมเดียวในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะสมเป็นฐาน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนั้น ครูควรใช้กิจกรรมที่มีความหลากหลายสถานการณ์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะสมเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน เช่น ทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม เนื่องจากหลายกิจกรรมสามารถส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนเกิดทักษะดังกล่าว

2.2 ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression) ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อติดตามพัฒนาการและช่วยส่งเสริมพัฒนาการความสามารถของนักเรียนที่มีความแตกต่างกัน

2.3 ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention) ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะสมเป็นฐานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

References

- Angganapattarakajorn, V. (2012). *Comprehensive knowledge for math teachers: Curriculum, teaching and research*. Bangkok: Charansanitwong Printing. [in Thai]
- Brahmawong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Education Research Journal*, 5(1), 7–19. [in Thai]
- Jittreechao, B., Kajornsinsin, B., & Lapanachokdee, W. (2018). The development of creative thinking by using the creative skills practice on computer project subject. *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 8(1), 144-151. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2015). STEM Education. *Journal of Naresuan Education University*, 17(2), 201-207.
- Lertyosbordin, C., Paramee, P., & Nakmouth, N. (2020). Designing of computational science learning activities by engineering design processes with online simulation to enhance problem-solving abilities. *Journal of Education Studies, Chulalongkorn University*, 48(2), 56-73. [in Thai]
- McGriff, S. J. (2000). *Instructional System Design (ISD): Using the ADDIE Model*. Instructional Design Models. College of Education, Penn State University.
- Ministry of Education. (2017). Indicators and core content group learning area of science (revised edition B.E. 2017) according to the Core Curriculum for Basic Education, 2008. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation Printing. [in Thai]
- Molanil, S. (2016). *The blended learning on c programming for grade 9 in Debsirin School* (Master thesis). Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. [in Thai]
- Moolkum, S., & Moolkum, O. (2019). *Writing a learning management plan that focuses on thinking* (3rd ed.). Bangkok: Parbpim Printing. [in Thai]
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Retrieved on August 7, 2019, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- 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]
- Partnership for 21st Century Skills. (2008). 21st century skills, education, and competitiveness: A resource and policy guide. Arizona: Partnership for 21st Century Skills.
- Pornkul, C. (2012). *Instructional design for integrating reading, critical thinking, and writing* (3rd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Praphin, C., Kongmanus, K., Chiranuparp, C., & Kaewurai, W. (2019). The development of an instructional model for computer subject based on project-based learning with social media to enhance information communication and technology literacy for upper primary students. *Journal of Education Naresuan University*, 21(1), 30-47. [in Thai]
- Saleh, S. (2019). *Scoring Rubrics*. Retrieved August 7, 2019, from <http://ded.edu.kps.ku.ac.th/192221>

- Sinpeng, D. (2010). Development of learners towards a learning society: Facilitating student-centered learning (2nd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Songkhwaee, P., & Onthanee, A. (2017). Development of stem learning units to enhance scientific literacy in the topic of preservation land and rock of Maehongson for Prathomsuksa 6 students. *Journal of Education Naresuan University*, 19(3), 210-224. [in Thai]
- Suwathanpornkul, I. (2019). Educational research: Concepts and applications (2nd ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2014). *Basic knowledge of STEM Education*. Bangkok: The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2019). *Collaborative problem solving: Conclusion for executive*. Bangkok: Success Publication. [in Thai]
- Tongchai, A. (2016). The importance of engineering in science learning management in the 21st century. *Kasetsart Educational Review*, 31(3), 48-53. [in Thai]
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is every- body's problem. *The Science Teacher*, 41(4), 16-18.
- Wicheansang, K., Mophan, N., & Lateh, F. (2018). Effect of stem education on chemistry achievement, problem solving ability and instructional satisfaction of grade 12 students. *Journal of Education Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 29(3), 149-158. [in Thai]
- Wongthong, P. (2020). Integrated steam education teaching practice for improving critical thinking and problem solving abilities of first grade students in small primary school. *Journal of Education Khon Kaen University*, 43(2), 3-16. [in Thai]
- Yakman, G. G. (2008). *STEAM Education: An overview of creating a model of integrative education*. Retrieved on August 7, 2019, from https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education