

## บทความวิจัย (Research Article)

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มต่อการบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติ  
ต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครู สาขาวิชาชีววิทยา

EFFECTS OF THE STEM PROJECT APPROACH ON ENGINEERING DESIGN PROCESS  
SKILL AND ATTITUDE TOWARDS STEM EDUCATION OF UNDERGRADUATE IN  
BIOLOGY EDUCATION PROGRAM

Received: April 26, 2021

Revised: June 17, 2021

Accepted: June 22, 2021

ฉัตรมงคล สีประสงศ์<sup>1\*</sup> สรศักดิ์ นาคเอี่ยม<sup>2</sup> และวิญญู ภัคดี<sup>3</sup>Chatmongkol Seeprasong<sup>1\*</sup> Sorasak Nak-eiam<sup>2</sup> and Winyou Puckdee<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี<sup>1,2,3</sup>Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000, Thailand

\*Corresponding Author, E-mail: chatmongkol.s@rbru.ac.th

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครู สาขาชีววิทยา กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาชีววิทยา จำนวน 7 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็ม ระยะเวลา 4 สัปดาห์ แบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง รูปแบบงานวิจัยเป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-method Research) ข้อมูลเชิงปริมาณได้จากแบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาก่อนและหลังเรียน ข้อมูลเชิงคุณภาพได้จากการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติ Wilcoxon Sign-Rank และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลวิจัย พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มส่งผลให้นักศึกษามีการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดีขึ้นตามลำดับอยู่ในระดับดีมากและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**คำสำคัญ:** โครงงานสะเต็ม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา

## Abstract

The research aimed to study the development of engineering design process and attitude towards STEM Education of Undergraduate in Biology Education Program. The target group students for the study were seven undergraduates in biology education program of one university in Thailand. The research instruments were STEM Project lesson plan (4 weeks), the engineering design process evaluate form, attitude towards STEM Education scale and semi-structure interview form. The mixed method research was used. The quantitative data was obtained by the engineering design process evaluate form and attitude towards STEM Education scale. The qualitative data was obtained by semi-structure interview. The quantitative data

were statistically analyzed by using average, standard deviation, and the Wilcoxon Sign-Rank. The qualitative data was analyzed by using content analysis. The results showed that the STEM Project approach supported the students' learning in development of engineering design process and was at excellent level for entire students. The attitude towards STEM Education after learning was significantly higher than before learning at .05.

**Keywords:** STEM Project, Engineering Design Process, Attitude towards STEM Education

## บทนำ

ปัจจุบันเป็นยุคที่มีการเติบโตของข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีต่างๆ อย่างก้าวกระโดด จึงมีความจำเป็นที่บุคคลต้องมีการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับนวัตกรรมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยต้องได้รับการพัฒนาทักษะที่สำคัญ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ทักษะการแก้ปัญหา การสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นต้น โดยทักษะเหล่านี้เรียกได้ว่าเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 (Wai et al., 2009) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมพร้อมให้บุคคลออกไปดำรงชีวิตในโลกยุคปัจจุบันอย่างมีคุณภาพ โดยมีการผสมผสานองค์ความรู้ ทักษะ และความชำนาญเข้าด้วยกัน เพื่อความสำเร็จของผู้เรียนทั้งทางด้านการงานและการดำเนินชีวิต มีการพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอ (Techanok et al., 2020) ผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญที่จะขับเคลื่อนและพัฒนาให้นักเรียนให้เกิดทักษะตามที่ต้องการในปัจจุบัน จึงเป็นความท้าทายต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนในศตวรรษที่ 21 ว่าควรมีวิธีในการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนอย่างไร เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จริง สร้างความรู้ด้วยตนเอง เน้นการลงมือปฏิบัติ เตรียมผู้เรียนเพื่อไปเป็นคนที่มีความรู้และพร้อมเรียนรู้สิ่งใหม่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ของคนในศตวรรษที่ 21 (Imsombat & Lenanant, 2019)

หนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้เพื่อเน้นพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หาคำตอบในสิ่งที่ตนเองสนใจ ผ่านการลงมือปฏิบัติ การทำงานร่วมกับผู้อื่น มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา การทำงานอย่างเป็นระบบ และสามารถพัฒนาทักษะต่างๆ ของผู้เรียนได้ (Thongaim, 2018; Mora, 2018) โดย Karaman and Celik (2008) ได้รายงานผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะอื่นๆ ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบธรรมดาหรือแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ Mioduser and Betzer (2007) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานยังส่งเสริมความสนใจและทัศนคติต่อเทคโนโลยีของผู้เรียนให้เพิ่มขึ้นได้ ดังนั้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน จึงเป็นรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ พัฒนาทักษะ สร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงและสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ได้ในทุกระดับชั้น

เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดต่อตัวผู้เรียน การจัดการเรียนรู้จึงควรพัฒนาด้านต่างๆ อย่างรอบด้าน นอกจากเตรียมนักเรียนให้มีความรู้และทักษะในการทำงานแล้ว การส่งเสริมอาชีพที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จึงเกิดเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) ขึ้น (Cevik, 2018) โดยเป็นการบูรณาการในการจัดการเรียนรู้โดยนำความรู้ ทักษะ กระบวนการของ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อเตรียมบุคคลในการออกไปใช้ชีวิตอย่างมีคุณภาพ และส่งเสริมให้ไปประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับทั้ง 4 สาขา โดยสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ได้ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงระดับปริญญาตรี (Shahali et al., 2017) ซึ่ง Buyukdede and Tanel (2019) รายงานว่า เมื่อมีการบูรณาการสะเต็มมาใช้ในการเรียนจะสามารถส่งเสริมผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เมื่อพิจารณาพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการสะเต็มศึกษา จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดทักษะที่จำเป็นเพิ่มขึ้น จึงเหมาะสมในการนำมาใช้ในการบูรณาการเพื่อการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมต่อไป

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในการสร้างสรรค์นวัตกรรม (Atman et al., 2007) อีกทั้งมีการรายงานเกี่ยวกับการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาสอดแทรกในการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลายมากขึ้น และสามารถนำมาใช้ในได้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่างๆ เช่น การสืบเสาะหาความรู้ โครงงานเป็นฐานสะเต็มศึกษา เป็นต้น (Purzer et al., 2015) โดย Lin et al. (2018) รายงานว่า กิจกรรมการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองทางความคิด ที่จะสร้างสรรค์เป็นนวัตกรรมหรือชิ้นงาน และช่วยเสริมสร้างทัศนคติต่อวิศวกรรมของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ (Lin et al., 2018; Tseng et al., 2013) จึงได้มีการพัฒนาและเสริมสร้างผู้เรียนให้มีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเป็นพื้นฐานในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและการแก้ปัญหาต่างๆ และจากการรายงานของ Treedeicha et al. (2019) พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งผลต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนให้อยู่ในระดับดีมาก นอกจากนี้ Chuadda et al. (2016) พบว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา ส่งผลต่อการเกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 5 ขั้นตอนในระดับดีมาก ดังนั้น การพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนจึงมีความสำคัญเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้และต่อยอดพัฒนาสร้างสรรค์นวัตกรรมและการแก้ปัญหาในอนาคต

การเรียนรู้จะเกิดได้นั้น ส่วนหนึ่งมาจากความรู้สึกรักนึกคิดภายในของตัวบุคคลต่อสาขาวิชาหรือที่เรียกว่าทัศนคติ เนื่องจากทัศนคติมีส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยที่ทัศนคติเกิดจากประสบการณ์ ความรู้สึก ความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Myers, 1993) เพื่อให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ทางด้านสะเต็มศึกษา ทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญ ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนาทัศนคติของผู้เรียนต่อสะเต็มศึกษาให้อยู่ในระดับที่ดี อาจเกิดจากรูปแบบหรือกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ การทำให้ผู้เรียนได้มองเห็นถึงประโยชน์เกี่ยวกับสาขาทางด้านสะเต็มในการนำมาใช้ในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงกับสาขาอาชีพในอนาคต จะช่วยส่งเสริมให้ทัศนคติต่อสะเต็มของผู้เรียนถูกพัฒนาให้ดีขึ้น (Vedder-Weiss & Fortus, 2010)

ในรายวิชาการสร้างสื่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา ได้มีการมอบหมายให้นักศึกษาได้พัฒนาสื่อและนวัตกรรมที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา และจากชิ้นงานวิชาการสร้างสื่อการเรียนการสอนของนักศึกษาที่ผ่านมาหลายครั้ง พบว่า นักศึกษาไม่ได้มีแบบแผนในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน จึงทำให้ชิ้นงานสื่อการเรียนการสอนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และจากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น พบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลายรูปแบบ แต่ในการจัดการเรียนรู้รูปแบบโครงงานสะเต็มที่ส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ยังมีผู้ศึกษาเป็นส่วนน้อย ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษากิจกรรมจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาให้สามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานสื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ จากวัสดุที่เหลือใช้ โดยผ่านการทำโครงงานสะเต็มศึกษา อีกทั้งเพื่อเป็นการพัฒนาทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา ที่จะส่งผลต่อนักศึกษาครูให้มีทัศนคติที่ดีต่อสะเต็มศึกษา และนำสะเต็มศึกษาไปบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน อีกทั้งเพื่อให้นักศึกษามีความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมสื่อการเรียนการสอนและนำสื่อที่สร้างไปใช้ในบริบทห้องเรียนจริงได้ต่อไป

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาครู สาขาชีววิทยาชั้นปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มศึกษา
2. เพื่อศึกษาทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครู สาขาชีววิทยาชั้นปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มศึกษา

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โครงการงานสะสมเต็มศึกษา คือ รูปแบบในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สามารถนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรม ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีแก้ปัญหา ทำงานอย่างเป็นระบบ มีการคิดวิเคราะห์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอชิ้นงานหรือแนวทางในการแก้ปัญหาโดยมีการบูรณาการสะสมเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

2. สะเต็มศึกษา คือ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการผสมผสานองค์ความรู้ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ และสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงข้ามสาขาวิชาได้อย่างลึกซึ้ง

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ การทำงานอย่างเป็นระบบและมีแบบแผน เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นงานนวัตกรรม แนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

3.1 ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ ได้

3.2 ขั้นสร้างแนวทางการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดเพื่อสร้างวิธีการแก้ไขปัญหอย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 ขั้นออกแบบและสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่างต้นแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา และนำมาสร้างเป็นต้นแบบของชิ้นงาน

3.4 ขั้นประเมินต้นแบบ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำต้นแบบไปทดลองใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อหาข้อกีดในการนำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

3.5 ขั้นปรับปรุงแก้ไข เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำข้อจำกัดของต้นแบบมาปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

โดยผู้วิจัยได้ประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาด้วยแบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

4. ทักษะคิดต่อสะเต็มศึกษา คือ ความรู้สึกลภายในของนักศึกษาต่อสาขาทั้ง 4 ศาสตร์ของสะเต็มศึกษาและสะเต็มศึกษาในภาพรวม ทั้งด้านบวกและด้านลบ ทั้งก่อนและหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการสะสมเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้วัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาด้วยแบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

## วิธีการวิจัย

### รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-method Research) มีการนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ โดยมีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากการประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์นักศึกษาด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

### กลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการสร้างสื่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 7 คน

### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการงานสะสมเต็ม

ตัวแปรตาม คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา

### เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มจำนวน 4 สัปดาห์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินความเหมาะสม ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน โดยแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.33 – 5.00 มีความเหมาะสมในระดับมาก
2. แบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน โดยแบบประเมินมีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.86
3. แบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงจาก Mahoney and Patrick (2010) จากนั้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา 1 ท่าน โดยแบบวัดมีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.81
4. แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง มีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 เพื่อใช้เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรม

### การเก็บข้อมูลวิจัย

ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ แบ่งเป็น

#### สัปดาห์ที่ 1 มีรายละเอียด ดังนี้

1. นักศึกษาทำแบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา จากนั้นอาจารย์มอบหมายงานให้นักศึกษาสร้างสื่อการเรียนการสอน โดยการสร้างกล่องจุลทรรศน์อย่างง่าย โดยใช้วัสดุเหลือใช้ หรือวัสดุที่ราคาไม่แพง และใช้เลนส์จากกล่องจุลทรรศน์ที่หมดอายุการใช้งานเพื่อมาประกอบเป็นเลนส์กำลังขยายต่างๆ
2. นักศึกษาเรียนรู้เรื่องกล่องจุลทรรศน์ หลักการทำงานของกล่องจุลทรรศน์ และอาจารย์บรรยายเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักศึกษาเข้าใจหลักการของสะเต็ม

#### สัปดาห์ที่ 2 มีรายละเอียด ดังนี้

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้ออกแบบมานำเสนองานครั้งที่ 1 โดยนำเสนอตั้งแต่การวางแผน การออกแบบ ต้นแบบ การสร้างชิ้นงานจากต้นแบบ วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน ราคาต้นทุน วิธีการใช้งาน
2. นักศึกษาร่วมกันอภิปรายชิ้นงานของเพื่อน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มจดบันทึกข้อดี ข้อจำกัดของชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไข
3. นักศึกษาวิเคราะห์ข้อจำกัดของชิ้นงาน และวางแผนออกแบบวิธีการแก้ไข จากนั้นทำการแก้ไขชิ้นงานเพื่อนำเสนอในสัปดาห์ถัดไป

#### สัปดาห์ที่ 3 มีรายละเอียด ดังนี้

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้ออกแบบมานำเสนองานครั้งที่ 2 โดยนำเสนอวิธีการแก้ไขข้อจำกัดในครั้งที่ 1 รวมถึงวัสดุ-อุปกรณ์ที่นำมาใช้เพิ่มเติม ราคาต้นทุนรวมของวัสดุที่นำมาใช้
2. นักศึกษาร่วมกันอภิปรายชิ้นงานของเพื่อน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มจดบันทึกข้อดี ข้อจำกัดของชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขในครั้งที่ 2
3. นักศึกษาวิเคราะห์ข้อจำกัดของชิ้นงาน และวางแผนออกแบบวิธีการแก้ไข จากนั้นทำการแก้ไขชิ้นงานเพื่อนำเสนอชิ้นงานที่ดีที่สุดภายในสัปดาห์ถัดไป

4. อาจารย์ประเมินชิ้นงานนักศึกษาแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งแนะนำวิธีการแก้ไข

**สัปดาห์ที่ 4** มีรายละเอียด ดังนี้

1. นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้ออกแบบมานำเสนองานครั้งที่ 3 โดยนำเสนอวิธีการแก้ไขข้อจำกัดในครั้งที่ 2 รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้เพิ่มเติม ราคาต้นทุนรวมของวัสดุที่นำมาใช้

2. นักศึกษาร่วมกันอภิปรายชิ้นงานของเพื่อน

3. อาจารย์ประเมินชิ้นงานนักศึกษาแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งร่วมอภิปรายการนำไปต่อยอดของชิ้นงานในอนาคตร่วมกับนักศึกษา

4. หลังเสร็จสิ้นกิจกรรม นักศึกษาทำแบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติ Wilcoxon Sign-Rank test

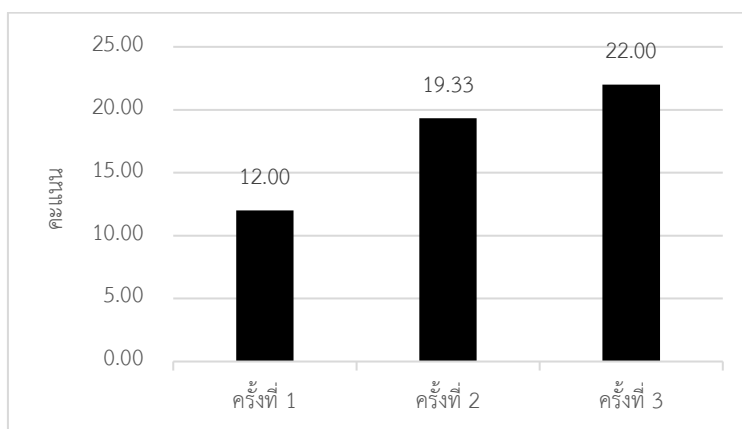
2. วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากการถอดเทปบันทึกการสัมภาษณ์ จัดกลุ่มแล้ววิเคราะห์คำตอบของนักศึกษา

### ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม (STEM Project) ต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครู สาขาวิชาชีววิทยา มีผลการวิจัยดังนี้

#### 1. ผลการศึกษาระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยใช้แบบประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อประเมินนักศึกษาในแต่ละสัปดาห์ของการนำเสนอ ซึ่งประเมินจากใบกิจกรรมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน และประสิทธิภาพของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่านักศึกษามีพัฒนาการของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จากผลคะแนนเฉลี่ยของการประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แสดงดังแผนภูมิ 1



**แผนภูมิ 1** คะแนนเฉลี่ยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 3 ครั้งของนักศึกษา (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

จากแผนภูมิ 1 พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นตามลำดับจากการประเมินในครั้งที่ 1 พบว่า นักศึกษาได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเท่ากับ 12.00 อยู่ในระดับปรับปรุง

ส่วนในการประเมินครั้งที่ 2 พบว่า นักศึกษาได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเท่ากับ 19.33 อยู่ในระดับพอใช้ และการประเมินในครั้งที่ 3 นักศึกษาได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเท่ากับ 22.00 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

จากการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการเมื่อจบกิจกรรมโครงการสัปดาห์ พบว่า มีปัจจัยที่ส่งเสริมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้เพิ่มขึ้น ดังนี้

1) การดำเนินตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เนื่องจากพบว่า นักศึกษาทั้งหมดยังไม่ให้ความสำคัญและไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักศึกษาเพียงคนเดียวอยากให้งานออกมาเป็นแบบใด และลงมือปฏิบัติทันที ชิ้นงานที่ได้ในครั้งที่ 1 จึงยังไม่สมบูรณ์แบบ ดังตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ “จากการออกแบบครั้งที่ 1 ผมยังไม่ค่อยเข้าใจการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้กล่องจุลทรรศน์ของผมออกมายังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร แต่หลังจากที่นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ไปใช้เพื่อการออกแบบในครั้งต่อไป ทำให้ผมต้องมีการวางแผนการแก้ไขกล่องเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จนทำให้ได้กล่องที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น” (BT02) และ “หนูสามารถปรับปรุงการออกแบบกล่องจุลทรรศน์ได้ดีขึ้นในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เพราะได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้หนูสามารถแก้ไขกล่องจุลทรรศน์ที่สร้างขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ” (BT08) และ “ชิ้นงานแรกที่กลุ่มผมนำมาเสนอ ถูกอาจารย์ให้ข้อเสนอแนะที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเยอะมาก พวกผมทำชิ้นงานออกมาตามความต้องการที่อยากให้ เป็น แต่ไม่ได้คำนึงถึงว่ามันมีขั้นตอนที่สามารถช่วยให้ชิ้นงานออกมาดีและมีคุณภาพ” (BT07) ดังนั้น เมื่อนักศึกษาได้ทำความเข้าใจและปฏิบัติตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะทำให้มีขั้นตอนและแบบแผนที่แน่นอนในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สามารถประเมินชิ้นงานว่ามี คุณภาพเพียงพอหรือไม่ มีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานอย่างมีระเบียบแบบแผน จนส่งผลให้นักศึกษามีพัฒนาการของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ดียิ่งขึ้น

2) การลงมือปฏิบัติจริงเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน ในการจัดกิจกรรม พบว่า เมื่อนักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน ทำให้นักศึกษามองภาพของขั้นตอนและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ “ชิ้นงานที่ได้ออกมา เกิดจากการที่หนูได้ลงมือทำ ได้วางแผนตามขั้นตอนต่างๆ ทั้ง 5 ขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ระบุประเด็นปัญหา แล้วนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหา สร้างกล่องจุลทรรศน์อย่างง่ายจนไปถึงการปรับปรุงกล่องจุลทรรศน์อย่างง่ายให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ในทุกขั้นตอนที่ได้ลงมือทำ ทำให้หนูทราบถึงปัญหา การแก้ไข ปัญหา หนูจึงเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากขึ้นค่ะ” (BT01) และ “ตอนที่หนูฟังอาจารย์อธิบายเรื่องกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หนูยังไม่ค่อยเข้าใจว่าจะทำอะไร แต่พอได้ลงมือปฏิบัติ ได้สร้างกล่องจุลทรรศน์ร่วมกับเพื่อนๆ ในกลุ่ม ทำให้หนูเข้าใจและสามารถสร้างกล่องจุลทรรศน์จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้” (BT08) ดังนั้น การที่นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานจะให้นักศึกษาเกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ดียิ่งขึ้นได้

## 2. ผลการศึกษาทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยใช้แบบวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาที่ดัดแปลงจาก (Mahoney and Patrick) ในการวัดทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา ทั้งก่อนและหลังเรียนโดยใช้โครงการสะเต็ม (STEM Project) ต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา ได้ผลการวิจัยดังนี้

**ตาราง 1** ตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทัศนคติของนักเรียนต่อสาขาของสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน

| Subject     | Pretest |      | Posttest |      | ค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น |
|-------------|---------|------|----------|------|-----------------------|
|             | Mean    | SD   | Mean     | SD   |                       |
| Science     | 3.45    | 0.50 | 4.19     | 0.70 | 0.74                  |
| Technology  | 3.19    | 0.45 | 4.40     | 0.79 | 1.21                  |
| Engineer    | 2.90    | 0.57 | 4.04     | 0.69 | 1.14                  |
| Mathematics | 2.90    | 0.37 | 3.90     | 0.69 | 1.00                  |
| STEM        | 3.26    | 0.44 | 4.71     | 0.55 | 1.45                  |

จากตาราง 1 พบว่า ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม (STEM Project) ต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษา นักศึกษามีค่าเฉลี่ยของทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) วิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 3.45 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 4.19
- 2) เทคโนโลยี ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 3.19 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 4.40
- 3) วิศวกรรมศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 2.90 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 4.04
- 4) คณิตศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 2.90 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 3.90
- 5) สะเต็มศึกษา ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 3.26 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติเท่ากับ 4.71

**ตาราง 2** ผลการเปรียบเทียบทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ สถิติ Wilcoxon Sign-Rank test (N = 7)

| ช่วงการทดลอง            | N | Z                   | Asymp. Sig (2-tailed) |
|-------------------------|---|---------------------|-----------------------|
| posttest-pretest scores | 7 | -2.371 <sup>b</sup> | .018                  |

b. Based on negative ranks

จากตาราง 2 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Wilcoxon Sign-Rank test พบว่า ทัศนคติของนักศึกษาต่อสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานสะเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการเมื่อจบกิจกรรมโครงงานสะเต็มในแต่ละสัปดาห์ พบว่า มีปัจจัยที่ส่งเสริมทัศนคติของนักศึกษาต่อสะเต็มศึกษาให้เพิ่มขึ้น ดังนี้

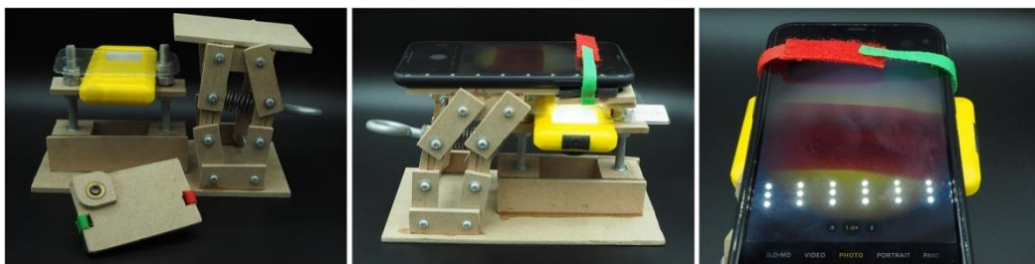
- 1) การมองเห็นถึงประโยชน์ของแต่ละสาขาวิชาของสะเต็มศึกษาที่มีการนำมาบูรณาการร่วมกัน นักศึกษาได้นำความรู้ของแต่ละสาขาวิชามาใช้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานให้ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดความภาคภูมิใจในชิ้นงานของตนเอง ดังตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ “เมื่อดิฉันได้ลงมือสร้างกล่องจุลทรรศน์อย่างง่ายตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ดิฉันต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้จึงทำให้ชิ้นงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบที่สุดค่ะ” (BT08) และ “หนูสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาออกแบบรูปทรง ขนาดของวัสดุที่จะนำมาประกอบรวมกันเป็นกล่อง ให้ได้ขนาดที่เหมาะสม คำนวณราคาของวัสดุไม่ให้เกินกว่าที่หนูได้ตั้งไว้ ทำให้มองเห็นถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ค่ะ” (BT09) และ “ผมชอบในการทำกิจกรรมที่เป็น

สะเต็ม ผมได้นำความรู้ในแต่ละวิชามาใช้ร่วมกัน ผมมองว่าช่วยฝึกให้ผมรู้จักนำความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ที่ผมเคยเรียนมา เอามาใช้ในชีวิตประจำวันได้” (BT02) ดังนั้น เมื่อนักศึกษาได้นำความรู้ของแต่ละสาขามาบูรณาการเพื่อใช้สร้างสรรค์ชิ้นงาน ทำให้นักศึกษาเข้าใจและตระหนักถึงการนำความรู้ของแต่ละสาขามาบูรณาการร่วมกันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้เกิดทัศนคติที่ดีต่อสาขาของสะเต็มและสะเต็มศึกษาให้เพิ่มสูงขึ้น

2) กิจกรรมการลงมือปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา นักศึกษาเกิดความภาคภูมิใจที่ได้สร้างสรรค์ชิ้นงานจนออกมาประสบความสำเร็จตามที่ได้ตั้งใจไว้โดยผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ดังเช่นในงานวิจัยนี้ที่ใช้โครงงานสะเต็ม เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ใช้ความรู้ความสามารถในการสร้างกล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย ดังตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ “ผมมีความสนุกสนานในการทำโปรเจกต์ในครั้งนี้ ผมได้วางแผนทำชิ้นงาน แก้วจนออกมาดีที่สุด มีความรู้เพิ่มขึ้นในแต่ละวิชาที่เกี่ยวกับสะเต็ม ผมอยากให้มีกิจกรรมแบบนี้อีกครับ” (BT03) และ“การทำโครงงานครั้งนี้ผมได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาใช้สร้างกล้อง กลุ่มผมได้วางแผนที่จะเลือกวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นกล้องให้มีความแข็งแรง ราคาไม่แพงมาก สืบค้นข้อมูลวิธีการสร้างกล้อง และนำมาดัดแปลงตามแนวความคิดของกลุ่ม ผมมองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีที่มาช่วยอำนวยความสะดวกในการประดิษฐ์ชิ้นงานในครั้งนี้” (BT07)

**ตาราง 3** ชิ้นงานการบูรณาการโครงงานสะเต็มของนักศึกษาครู สาขาชีววิทยาในการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย

#### กลุ่มที่ 1



| วิทยาศาสตร์                                                                                                                                                                                                                                       | เทคโนโลยี                                                                                                                         | วิศวกรรม                                                                                                                                                                          | คณิตศาสตร์                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความรู้เรื่องหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์</li> <li>- ความรู้เรื่อง คุณสมบัติของวัสดุต่างๆ</li> <li>- กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างกล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นโครงร่างที่มี</li> <li>- ความแข็งแรง ทนทาน</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การออกแบบโครงร่างตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</li> <li>- การสร้างชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัดเรื่องเวลา ต้นทุนต่ำ มีประสิทธิภาพสูง</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การออกแบบรูปทรงของวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นรูปร่างของกล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย</li> <li>- การคำนวณราคาต้นทุน</li> </ul> |

## กลุ่มที่ 2



| วิทยาศาสตร์                                             | เทคโนโลยี                                                         | วิศวกรรม                                    | คณิตศาสตร์                                                                      |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| - ความรู้เรื่องกลไกการทำงานของคาน การรับน้ำหนักของวัสดุ | - การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบเป็นโครงร่างที่มีความแข็งแรง ทนทาน | - การทำงานภายใต้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม | - การคำนวณปริมาณของวัสดุที่จะนำมาใช้<br>- การเลือกขนาด รูปทรงของวัสดุที่เหมาะสม |

## กลุ่มที่ 3



| วิทยาศาสตร์                     | เทคโนโลยี                                                  | วิศวกรรม                                                              | คณิตศาสตร์                                                                               |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| - หลักการทำงานของกลไก จุลทรรศน์ | - การเลือกใช้วัสดุที่นำมาประกอบเป็นกลไก จุลทรรศน์อย่างง่าย | - การออกแบบและสร้างตัวกล้องภายใต้งบประมาณที่จำกัด แต่มีประสิทธิภาพสูง | - การคำนวณราคาต้นทุน<br>- ขนาด และรูปทรงที่เหมาะสมต่อการใช้งานของกล้องจุลทรรศน์อย่างง่าย |

## อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม ต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครู สาขาวิชาชีววิทยา สามารถนำไปสู่การอภิปรายผลได้ดังนี้

1. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาครู สาขาวิชาชีววิทยา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม มีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้น โดยที่ ครั้งที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 12.00 คะแนน ครั้งที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 19.33 คะแนน และครั้งที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 22 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบโครงงานสะเต็ม มีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยเริ่มจากการระบุปัญหา ในขั้นตอนนี้นักศึกษาจะร่วมกันระดมความคิดเพื่อระบุปัญหาที่พบ เมื่อได้ปัญหาแล้วนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยนักศึกษาจะใช้ความรู้ในสาขาต่างๆ มาใช้เพื่อสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา จากนั้นเลือกแนวทางที่ดีที่สุดมาออกแบบและสร้างต้นแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น เป็นการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงาน เมื่อได้ต้นแบบชิ้นงานแล้วจะมีการนำไปทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ อีกทั้งเพื่อเป็นการประเมินประสิทธิภาพของชิ้นงาน สุดท้ายเป็นขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข โดยนำผลการทดสอบหรือการประเมิน

ชิ้นงานมาปรับปรุงจุดด้อยให้ดียิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าจากกระบวนการดังกล่าว นักศึกษาได้ออกแบบและวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ นักศึกษาสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและเรียนรู้ข้อผิดพลาดเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข จนกว่าจะประสบความสำเร็จ ทำให้นักศึกษาได้ฝึกฝนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จนเกิดความชำนาญขึ้น จากการวางแผนและออกแบบซ้ำๆ นำข้อจำกัดไปปรับปรุง นักศึกษาจึงสามารถวางแผน ออกแบบ แก้ไขชิ้นงานได้อย่างละเอียด และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเรียนรู้ที่ผ่านการลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนดังกล่าว เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้หรือข้อค้นพบใหม่ นักศึกษาสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และเพิ่มการมีทักษะการถ่ายโยงความรู้ (Transferable Skills) (Evans & Abbott, 1998) ทำให้สามารถบูรณาการความรู้ของสาขาๆ ต่าง ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จนสามารถพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ และจากข้อมูลการสัมภาษณ์นักศึกษา BT02 กล่าวว่า “จากการออกแบบครั้งที่ 1 ผมยังไม่ค่อยเข้าใจการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้กล่องจุลทรรศน์ของผมออกมายังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร แต่หลังจากที่นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ไปใช้เพื่อการออกแบบในครั้งต่อไป ทำให้ผมต้องมีการวางแผนการแก้ไขกล่องเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จนทำให้ได้กล่องที่มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น” และ นักศึกษา BT08 กล่าวว่า “หนูสามารถปรับปรุงการออกแบบกล่องจุลทรรศน์ได้ดีขึ้นในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 เพราะได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้หนูสามารถแก้ไขกล่องจุลทรรศน์ที่สร้างขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangkhak et al. (2017) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดีขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ไม่เน้นการท่องจำกฎหรือทฤษฎี แต่เป็นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติงานจริงที่เน้นให้นักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมและ English and King (2015) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์มาใช้สร้างชิ้นงานอย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถระบุปัญหา และสร้างวิธีการแก้ไขในทุกๆ ระยะของการสร้างชิ้นงาน ทั้งนี้ เนื่องจากการนำองค์ความรู้ของสาขาต่างๆ ของสะเต็มศึกษามาใช้ตั้งแต่การระบุปัญหา การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างสร้งนวัตกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการเชื่อมโยงความรู้ที่สามารถนำมาใช้ในบริบทของการแก้ปัญหาในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้มีการพัฒนาการของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม (STEM Project) สามารถส่งผลต่อกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักศึกษาได้เป็นอย่างดี นักศึกษาสามารถทำงานตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง นำไปสู่การออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหา สร้างสร้งนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา ฝึกให้นักศึกษาได้คิดอย่างเป็นระบบ ส่งผลต่อการนำกระบวนการเหล่านี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การสร้างสื่อการเรียนการสอน การสร้างนวัตกรรมเพื่องานวิจัยต่างๆ เป็นต้น

2. ผลการศึกษาทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาคู สาขาวิชาชีววิทยา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม พบว่า นักศึกษามีทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของแต่ละสาขาของสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยของสาขาเทคโนโลยีและวิศวกรรมมีค่าคะแนนเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดตามลำดับ โดยสามารถอภิปรายแยกเป็นสาขาของสะเต็ม ได้ดังนี้

2.1 วิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักศึกษามีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 และหลังเรียนนักศึกษามีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.70 โดยภาพรวมนักศึกษามีทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีทัศนคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ เช่น นักศึกษา BT03 กล่าวว่า “ผมคิดว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ เพราะเป็นความรู้ที่สามารถนำมาใช้ต่อยอดเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่างๆ ได้ครับ” และนักศึกษา BT08 กล่าวว่า “เมื่อดิฉันได้ลงมือสร้างกล่องจุลทรรศน์อย่างง่ายตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ดิฉันต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้จึงทำให้ชิ้นงานนี้ออกมาสมบูรณ์แบบที่สุดค่ะ” โดยผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับ Toma and Greca (2018) พบว่า เมื่อมีการบูรณาการสะเต็มศึกษาใช้ในห้องเรียน ทำให้

นักเรียนได้เรียนรู้การนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น

2.2 เทคโนโลยี ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 และหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.79 โดยภาพรวมนักเรียนมีทัศนคติต่อเทคโนโลยีสูงขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติทางบวกต่อเทคโนโลยี เช่น นักเรียน BT07 กล่าวว่า “การทำโครงงานครั้งนี้ผมได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้สร้างกล่อง กลุ่มผมได้วางแผนที่จะเลือกวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นกล่องให้มีความแข็งแรง ราคาไม่แพงมาก สืบค้นข้อมูลวิธีการสร้างกล่อง และนำมาดัดแปลงตามแนวความคิดของกลุ่ม ผมมองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีที่มาช่วยอำนวยความสะดวกในการประดิษฐ์ชิ้นงานในครั้งนี้” โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Civik (2018) พบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อเทคโนโลยีซึ่งเป็นหนึ่งในสาขาของสะเต็มสูงขึ้น เมื่อมีการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการสะเต็มศึกษา เนื่องจากนักเรียนมีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันมองเห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีมากขึ้น

2.3 วิศวกรรมศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 และหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 โดยภาพรวมนักเรียนมีทัศนคติต่อวิศวกรรมสูงขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติทางบวกต่อวิศวกรรม เช่น นักเรียน BT01 กล่าวว่า “วิศวกรรมช่วยให้หนูเข้าใจการวางแผนการทำงานที่มีระบบ เข้าใจวิธีการเพื่อบรรลุถึงปัญหาทำให้หนูสามารถแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดี” และนักเรียน BT10 กล่าวว่า “โดยส่วนตัวผมชอบวิศวกรรมอยู่แล้ว แต่เมื่อได้มีการนำแนวคิดของวิศวกรรมมาใช้สร้างกล่อง และกล่องของกลุ่มผมมีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดี ตามแผนที่วางไว้ ทำให้ผมชอบวิศวกรรมมากขึ้น” โดยข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tseng et al. (2013) พบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาส่งผลต่อทัศนคติต่อสะเต็ม โดยเฉพาะทัศนคติทางด้านวิศวกรรมให้เพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้าใจการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ นักเรียนสามารถมองเห็นถึงประโยชน์ของวิศวกรรม คะแนนทัศนคติต่อวิศวกรรมในสะเต็มศึกษาจึงเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม มีนักศึกษาที่มีทัศนคติเชิงลบต่อวิศวกรรม เช่น นักเรียน BT08 กล่าวว่า “หนูคิดว่าวิศวกรรมมีความซับซ้อน และค่อนข้างเข้าใจยาก แต่ก็มีส่วนที่ดีคือมีขั้นตอนที่ทำให้การทำงานเป็นระบบมากขึ้น” เป็นต้น

2.4 คณิตศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 และหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 โดยภาพรวมนักเรียนมีทัศนคติต่อคณิตศาสตร์สูงขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีทัศนคติทางบวกต่อคณิตศาสตร์ เช่น นักเรียน BT08 กล่าวว่า “หนูสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาออกแบบรูปทรง ขนาดของวัสดุที่จะนำมาประกอบรวมกันเป็นกล่อง ให้ได้ขนาดที่เหมาะสม คำนวณราคาของวัสดุไม่ให้เกินกว่าที่หนูได้ตั้งไว้ ทำให้มองเห็นถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ค่ะ” และนักเรียน BT01 กล่าวว่า “กิจกรรมนี้ทำให้หนูมองว่าคณิตศาสตร์เป็นอะไรที่ง่ายมากเลยคะ เพราะหนูสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ค่ะ” ข้อมูลที่ได้รับนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ugras (2018) ระบุว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อคณิตศาสตร์ในสะเต็มเพิ่มสูงขึ้น หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็ม นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่คิดว่ายากและซับซ้อนมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ อย่างไรก็ตามพบว่า มีนักศึกษาที่มีทัศนคติเชิงลบต่อคณิตศาสตร์ เช่น นักเรียน BT05 กล่าวว่า “หนูคิดว่าคณิตศาสตร์ยังเป็นเรื่องที่ยากที่จะนำมาใช้ในการสร้างกล่องจุลทรรศน์อย่างง่ายในครั้งนี้ หนูยังไม่เข้าใจว่านอกจากการคิดคำนวณราคาต้นทุน คณิตศาสตร์จะนำมาใช้ในรูปแบบไหนได้อีก” เป็นต้น

2.5 สะเต็มศึกษา ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 3.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.44 และหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนทัศนคติมีเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 โดยภาพรวมนักเรียนมีทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาสูงขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีทัศนคติทางบวกต่อคณิตศาสตร์ เช่น นักเรียน BT02 กล่าวว่า “ผมชอบในการทำกิจกรรมที่เป็นสะเต็ม ผมได้นำความรู้ในแต่ละวิชามาใช้ร่วมกัน ผมมองว่าช่วยฝึกให้ผมรู้จักนำความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ ที่ผมเคยเรียนมา เอามาใช้ในชีวิตประจำวันได้” และนักเรียน BT03

กล่าวว่า “ผมมีความสุขสนุกสนานในการทำโปรเจกต์ในครั้งนี้ ผมได้วางแผนทำชิ้นงาน แกะไขจนออกมาดีที่สุด มีความรู้เพิ่มขึ้นในแต่ละวิชาที่เกี่ยวกับสะเต็ม ผมอยากให้กิจกรรมแบบนี้อีกครับ” ข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับ Tseng et al. (2013) ระบุว่า หลังจากจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มนักเรียนมีความตระหนักในสะเต็มมากขึ้น มีความเป็นมืออาชีพในการนำความรู้มาบูรณาการสร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหา มีประโยชน์ต่ออาชีพในอนาคต และมีความสามารถในการสร้างสรรค์ ปรับปรุงสิ่งต่างๆ บนโลกใบนี้ให้ดียิ่งขึ้น

ดังนั้น จากข้อมูลข้างต้น พบว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็ม (STEM Project) ส่งผลต่อทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาโดยภาพรวมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ให้นักศึกษาได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ นักศึกษาได้ฝึกการทำงานอย่างเป็นระบบ เรียนรู้ข้อผิดพลาดนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไข นักศึกษาสามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้ง 4 สาขาของสะเต็มศึกษามาบูรณาการ อีกทั้งยังใช้ความรู้เดิมที่มีผสมผสานกับความรู้ใหม่ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน เมื่อได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพก่อให้เกิดความภาคภูมิใจต่อชิ้นงาน จึงทำให้ทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษานั้นเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังมีประโยชน์ต่อตัวนักศึกษาเองที่สามารถไปออกแบบและสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับการสอนในอนาคตได้เป็นอย่างดี สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมที่จะใช้ประโยชน์ในอนาคต เช่น สร้างสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมอาจารย์ควรอธิบายและชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการสร้างชิ้นงาน เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในบทบาทของตน และสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานตามความต้องการได้

1.2 อาจารย์ผู้สอนควรกำหนดเงื่อนไขของชิ้นงานอย่างละเอียดและชัดเจน เช่น ลักษณะของวัสดุที่จะนำมาใช้ ราคาต้นทุน การใช้งานของชิ้นงาน

1.3 จากการสร้างสรรค์ชิ้นงานสื่อการสอนของนักศึกษาที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานสะเต็มทำให้ผลงานของนักศึกษาออกมาค่อนข้างมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริง นักศึกษามีความภาคภูมิใจในชิ้นงานของตน ทำให้มีความรู้สึกและทัศนคติเชิงบวกต่อสะเต็มศึกษา ดังนั้นเมื่อมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มจะส่งผลต่อทัศนคติต่อสะเต็มศึกษาของนักศึกษาให้สูงขึ้นได้

1.4 การสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักศึกษา ต้องมีการบูรณาการในสาขาวิชาต่างๆ ที่หลากหลายถึงแม้จะเป็นนักศึกษาหลักสูตรชีววิทยา แต่นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ ฯลฯ มาใช้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานสื่อการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้นักศึกษาเกิดการมองภาพการบูรณาการสาขาวิชาต่างๆ มาใช้เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ ทำให้นักศึกษาครูสามารถนำความรู้และสิ่งเหล่านี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในอนาคตได้

1.5 ทัศนคติต่อศาสตร์ต่างๆ ของสะเต็มและตัวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้เมื่อนักศึกษาได้มองเห็นถึงประโยชน์ของสะเต็มศึกษาและสามารถนำมาใช้ได้จริงในสถานการณ์ต่างๆ

### 2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้โครงงานสะเต็ม (STEM Project) ในบริบทอื่น เช่น เกี่ยวข้องกับท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงปัญหาและแก้ไขปัญหานั้นท้องถิ่นได้

2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ เช่น การทำงานร่วมกัน ทักษะความเป็นผู้นำ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.3 เมื่อนักเรียนเกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้ว จะสามารถพัฒนาทักษะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้หรือไม่

## References

- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. J. (2007). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x>
- Buyukdede, M., & Tanel, R. (2019). Effect of the STEM activities related to work-energy topics on academic achievement and prospective teachers' opinions on STEM activities. *Journal of Baltic Science Education*, 18(4), 507-517.
- Cevik, M. (2018). Impacts of the project based (PBL) science, technology, engineering and mathematics (STEM) education on academic achievement and career interests on vocational high school students. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 8(2), 281-306.
- Chuadda, M., Chanvaivit, S., & Phonchaiyain, S. (2016). The study of engineering design process of grade 9<sup>th</sup> students on dissolved oxygen after conducting a STEM education activity. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> STOU National Research Conference* (pp. 1 – 13). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]
- English, D. L., & King, T. D. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2, 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Evans, L., & Abbott, I. (1998). *Teaching and learning in Higher Education*. London: Cassell.
- Imsombat, K. & Lenanant, A. (2019). Development of 21<sup>st</sup> century learning of students in Nong Chunsang school by applying participatory research approach. *Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University*, 13(3), 64-76. [in Thai]
- Karaman, S., & Celik, S. (2008). An exploratory study on the perspectives of prospective computer teachers following project-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(2), 203-215.
- Lin, K. Y., Hsiao, H. S., Chang, Y. S., Chien, Y. H., & Wu, Y. T. (2018). The effectiveness of using 3D printing technology in STEM project-based learning activities. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12), em1633. <https://doi.org/10.29333/ejmste/97189>
- Mahoney, M., & Patrick, M. (2010). *Students' attitudes toward stem: development of an instrument for high school stem-based programs*. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 24 – 34.
- Mioduser, D., & Betzer, N. (2007). The contribution of project-based-learning to high-achievers' acquisition of technological knowledge and skills. *International Journal of Technology and Design Education*, 18, 59-77.
- Mora, P. (2018). Project-based learning: Alternatives for learning management in 21<sup>st</sup> century learning. *Journal of Research and Curriculum Development*, 8(1), 42-52. [in Thai]
- Myers, D. G. (1993). *Social psychology* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.

- Purzer, Ş., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., & Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. *International Journal of STEM Education*, 2(1), Article 9. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0019-7>
- Sangkharak, A., Prasitpong, S., & Wichaidit S. (2017). STEM education learning of photosynthesis to promote engineering design process of grade 11 students. *Journal of education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 28(3), 59 - 71. [in Thai]
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00667a
- Techanok, A., Jaronggsirawat, R., & Phra Vatasatto, H. (2020). Educational management in the 21<sup>st</sup> century. *Journal of MCU Nakhondhat*, 7(9), 1-15. [in Thai]
- Thongaime, A. (2018). Project based learning for developing student in the 21<sup>st</sup> century. *Valaya Alongkorn Review (Humanities and Social Science)*, 8(3), 185-199.
- Toma, B R., & Greca, M. I. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383 – 1395.
- Treedeicha, K., Wanaprapha, T., & Tangtreamjitmun N. (2019). Designing STEM activities on making battery from household chemical substances for grade 12 students. *Science and Technology RMUTT Journal*, 9(1), 40 -53. [in Thai]
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S., & Chen, W. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 87-102.
- Ugras, M. (2018). The effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182.
- Vedder-Weiss, D., & Fortus, D. (2010). Adolescents' declining motivation to learn science: Inevitable or not? *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 199 –216.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM Domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817– 835. DOI: 10.1037/a0016127