

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ THE DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL PROCESS USING STEM EDUCATION TO ENHANCE ABILITIES IN PRODUCING AND INSTRUCTING STEM LEARNING ACTIVITIES PACKAGES OF PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS

Received: July 24, 2020

Revised: October 22, 2020

Accepted: November 4, 2020

พัตชา ดอกไม้^{1*} ศศิธร โสภารัตน์² และอภิชาติ พัยคณิน³

Patcha Dokmai^{1*} Sasithorn Soparat² and Apichart Payakkhin³

^{1,2,3}มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

^{1,2,3}Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: patcha.d@pnru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 2) ศึกษาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และ 3) ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้จากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบกระบวนการวิจัยและพัฒนา กลุ่มที่ศึกษา คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 26 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 183 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินร่วมกับการสังเกต การสัมภาษณ์ และการวิเคราะห์เอกสาร วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยใช้วิธีสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า 1) กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การให้ความรู้พื้นฐาน (2) การวิเคราะห์ ระบุปัญหาและข้อจำกัด (3) การสืบค้นข้อมูลและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา (4) การวางแผนและออกแบบ (5) การพัฒนาโมเดลต้นแบบ (6) การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข และ (7) การนำเสนอผลงานและสะท้อนความรู้ 2) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในภาพรวมมีความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มอยู่ในระดับดี และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง และแนวคิดถูกต้องบางส่วน ในสัดส่วนใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: กระบวนการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

Abstract

This research aimed to 1) develop the instructional process using stem education to enhance pre-service science teachers' abilities in producing and instructing STEM learning activities packages, 2) study pre-service science teachers' abilities in producing and instructing stem learning activities packages, and 3) study middle school students' scientific conception through STEM learning activities packages. The research and development was used as a research methodology. The participants were 26 pre-service science teachers and 183 middle school students. The data were collected from the abilities assessment form, observation, interviews, and document analysis. Content analysis is used as data analysis tool and verified reliability by using resource triangulation. The research results indicated that 1) the developing instructional process consisted of 7 processes: (1) Introduction, (2) Analyze, Identify the Problem and Constraints, (3) Research and Brainstorm Possible Solution, (4) Plan and Design, (5) Build a Prototype, (6) Testing, Evaluation and Redesign, and (7) Presentation and Reflection. 2) After learning with the developed instructional process, most of the pre-service science teachers obtained a good for the abilities assessment test, and 3) the Middle school students' scientific concepts are mostly sound understanding (SU) and partial understanding (PU) in a similar proportion.

Keywords: Instructional Process, STEM Education, Learning Activities Packages, Pre-service Science Teachers

บทนำ

ความสามารถในการผลิตสื่อและจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) (ในบทความนี้ขอใช้คำว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา) เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของครูวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้รับการกำหนดเป็นเป้าหมายในการจัดการศึกษาในประเทศไทย (Ministry of Education, 2016) เพื่อพัฒนากำลังคนด้านสะเต็มในการขับเคลื่อนประเทศให้พ้นจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางด้วยเทคโนโลยี และนวัตกรรม การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหา สร้างนวัตกรรม และพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยการบูรณาการความรู้ระหว่าง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ผนวกกับการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ในแก้ปัญหา และสร้างสรรค์นวัตกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติร่วมกับการทำงานเป็นทีม (Pimthong, 2018; Bybee, 2013) อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยการสำรวจมุมมองและความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ และครูประจำการพบว่าบางส่วนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ยกตัวอย่างเช่น นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ยังเข้าใจศาสตร์ทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษาไม่ชัดเจน และมองว่าสื่อการเรียนรู้สะเต็ม ได้แก่ ยูทูบ วิดีทัศน์ อินเทอร์เน็ต (Vichaidit & Faikhamta, 2017) อีกทั้งขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาทั้งในแง่นิยาม เป้าหมาย และแนวทางการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ได้เน้นการสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Klinkajorn, 2018; Ladachart, 2019) ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ขาดประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ครูเกิดความกังวลเมื่อต้องการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สอดคล้องกับผลการสำรวจความต้องการในการพัฒนาดตนเองของครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่า ครูมีความต้องการพัฒนาด้าน 1) การสร้างสื่อการเรียนการสอน 2) การเขียนแผนการสอนและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 3) การวัดและประเมินผล (Kaewklom, 2018) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ตลอดจนการจัดการหาและผลิตสื่อการเรียนรู้เป็นกุญแจสำคัญในการจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จ อันจะส่งผลต่อการสร้างเยาวชนให้มีความพร้อมต่อการพัฒนาประเทศและการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีสถาบันการผลิตครู

ต้องเร่งสร้างความเข้าใจและสร้างความคุ้นเคยให้แก่ นักศึกษาครูและครูประจำการเพื่อให้มีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาต่อไป

จากผลสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ผู้สอนรายวิชาการผลิตสื่อการเรียนรู้สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ จึงได้วิเคราะห์เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อหาลักษณะของสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด จนพบว่ามีงานวิจัยกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นหลัก และใช้สื่อการเรียนรู้เป็นสื่อกลางหรือเป็นเครื่องมือสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามรูปแบบการสอนที่ผู้สอนเลือกใช้ โดยจะพบว่างานวิจัยกลุ่มนี้นิยมผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้ (Karakul & Nuangchalem, 2015; Yuyaem, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์ของรายวิชาที่เน้นให้นักศึกษาสามารถผลิตสื่อการเรียนรู้และสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกให้นักศึกษาผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม (ในบทความนี้ขอใช้คำว่า ชุดกิจกรรม) ที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามจากการสังเกตและผลการประเมินการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมายังพบปัญหาหลายประการ ได้แก่ 1) กระบวนการผลิตสื่อของนักศึกษาไม่ก่อให้เกิดนวัตกรรมที่แปลกใหม่น่าสนใจ 2) นักศึกษายังขาดกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ 3) นักศึกษาจัดการเรียนรู้สะท้อนแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ไม่ชัดเจน และยังมีควมสับสนในบทบาทหน้าที่ของตนเอง ดังเห็นได้จากการที่นักศึกษากลุ่มหนึ่งให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานตามคู่มือ แต่ไม่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา ออกแบบ และปรับปรุงชิ้นงาน และ 4) สื่อการจัดการเรียนรู้ที่ผลิตขึ้นไม่มีการนำไปใช้กับผู้เรียนจริง จากปัญหาที่เกิดขึ้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์การสอนของตนเอง โดยพบว่าปัญหาเกิดจากผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ผู้สอนไม่ได้เน้นให้นักศึกษาทำงานอย่างเป็นระบบ ขาดการติดตามงาน และการให้คำปรึกษาอย่างเป็นระบบ และไม่สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเท่าที่ควร อีกทั้งยังขาดการเปิดโอกาสให้นักศึกษานำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้จริงในโรงเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของ Jungwongsuk et. al. (2017) ที่พบว่านักศึกษาครูต้องการนำสื่อที่ผลิตขึ้นไปทดลองใช้จริงในโรงเรียนเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาสื่อสำหรับนำไปใช้ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพต่อไป

ทั้งนี้ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม พบว่า มีวิธีการสอนวิทยาศาสตร์หลากหลายวิธีที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถผลิตชุดกิจกรรมอันจะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อย่างไรก็ตาม ดังที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยมีกระบวนการหลัก คือ การออกแบบ การแก้ปัญหา พัฒนาและปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตชุดกิจกรรมได้ นอกจากนี้สะเต็มศึกษากำลังถูกผลักดันให้มีการจัดการเรียนรู้ในทุกระดับการศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการผลิตชุดกิจกรรมและพัฒนาการสอนสะเต็มศึกษาของตนเอง

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในประเทศไทยที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยในครูและนักศึกษาครูส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการสำรวจมุมมองและปัญหาที่เกี่ยวข้อง และการพัฒนาหลักสูตรและการฝึกอบรม (Intalapaporn, 2015; Klinkajorn, 2018; Vichaidit & Faikhamta, 2017) หากเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะต่างๆ (Koocharoenpisal, 2017; Saengpromsri, 2015) อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่า งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังมีอยู่น้อย โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แสดงถึงความรู้ความเข้าใจของบุคคลหนึ่งที่มีต่อปรากฏการณ์ต่างๆ รอบตัว (Rodrangka, 1997) ซึ่งจะตรงหรือคลาดเคลื่อนกับนักวิทยาศาสตร์ก็ได้ หากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนกับนักวิทยาศาสตร์แสดงว่านักเรียนยังมีความเข้าใจในเรื่องนั้นไม่ชัดเจน อันจะส่งผลให้การสร้างองค์ความรู้ใหม่ล่าช้ามากขึ้น

โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งจัดเป็นความรู้พื้นฐานในการศึกษาภาคบังคับที่สามารถนำไปใช้ต่อยอดในการเรียนในระดับที่สูงขึ้นไป ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเพื่อที่จะได้นำไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมต่อไป

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติม และการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ยังมีอยู่น้อยในงานทบทวนวรรณกรรมซึ่งนับว่าเป็นประเด็นใหม่ที่ยังเป็นช่องว่างที่จะต้องทำการศึกษาดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ จากนั้นศึกษาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทดลองใช้ชุดกิจกรรมในสถานการณ์จริงผ่านการจัดทำค่ายสะเต็ม และศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้สนใจนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษารวมถึงการนำไปพัฒนาหลักสูตรอบรมครูด้านสะเต็มศึกษาต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาการกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

ขอบเขตงานวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) และยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ นักศึกษาครูชั้นปีที่ 4 หลักสูตร 5 ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 26 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับการสอนฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 และผ่านการเรียนทั้งเนื้อหาวิชาเฉพาะทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิชาทางการสอนมาพอสมควร แต่ยังไม่เคยเรียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และ 2) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ระดับชั้นละ 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 2 ห้องเรียน จำนวน 183 คน โดยทั้งหมดเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ที่มีความต้องการในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง

ด้านเนื้อหา ได้แก่ สื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 1) แรงในชีวิตประจำวัน 2) การเคลื่อนที่แนวตรง 3) สมดุล และ 4) ไฟลัมคอร์ดาตา

ด้านระยะเวลา เดือน เมษายน 2562 – ตุลาคม 2563

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (The Research and Development) โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ แบ่งการดำเนินการเป็น 2 ระยะ ได้แก่ 1) การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 2) การประเมินประสิทธิผลของกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ช่วงที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหา (R1) ผู้วิจัยวิเคราะห์การสอนของตนเองจากบันทึกหลังสอน พบปัญหาที่สำคัญ ได้แก่ 1) สื่อที่ผลิตขึ้นไม่มีความแปลกใหม่ 2) นักศึกษาขาดการทำงานที่เป็นระบบ 3) นักศึกษาจัดการเรียนรู้สะท้อนแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ไม่ชัดเจน และ 4) ขาดการนำสื่อไปทดลองใช้จริงในโรงเรียน

ช่วงที่ 2 การพัฒนาด้านแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ (D1) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นร่างต้นแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้วยเทคนิคสนทนากลุ่ม (Focus Group) และปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะจนได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ต้นแบบ ที่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การให้ความรู้พื้นฐาน 2) การวิเคราะห์ ระบุปัญหาและข้อจำกัด 3) การสืบค้นข้อมูลและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา 4) การวางแผนและออกแบบ 5) การพัฒนาโมเดลต้นแบบ 6) การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข และ 7) การนำเสนอผลงานและการสะท้อนความรู้

ระยะที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ช่วงที่ 1 การทดลองใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ (R2)

1. สร้างแบบประเมินจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ 1) แบบประเมินความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบประเมินความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมสะเต็มของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ครอบคลุมเนื้อหาด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านเนื้อหาสาระและการบูรณาการความรู้ และด้านทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยแบบประเมินทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบสอบถามแบบประมาณค่า (Rating Scale) และ 3) แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยคำถามจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของชุดกิจกรรม โดยแบบประเมินทั้งหมดผ่านการปรับปรุงความตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมทางภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน และครูประจำการที่สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

2. จัดการเรียนรู้ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ต้นแบบให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 4 และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบประเมินทั้ง 3 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 ใช้เก็บข้อมูลจากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์หลังจากเรียนรู้ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ครบทุกขั้นตอนแล้ว ส่วนฉบับที่ 2 และ 3 ใช้เก็บข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมสะเต็มในแต่ละฐาน เพื่อให้ได้ผลการประเมินจาก 4 ส่วน ได้แก่ 1) ตนเอง 2) เพื่อน 3) อาจารย์ และ 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์แบบกลุ่มจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม บันทึก วิดีทัศน์ บันทึกหลังสอน บันทึกอนุทิน Logbook ของนักศึกษา และชิ้นงาน

ช่วงที่ 2 การวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (D2)

1. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำมาแปลผล โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยการนำข้อมูลมาตีความ จำแนกข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูลที่เหมือนกัน และคัดเลือกข้อมูลที่สำคัญเพื่อแสดงหลักฐานเพื่อสร้างข้อสรุปชั่วคราว และสร้างเชื่อถือของข้อมูลโดยการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) โดยการเปรียบเทียบข้อค้นพบกับแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามวิจัย

2. นำผลการวิเคราะห์มาการปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้ต้นแบบ ตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสมในลักษณะการสนทนากลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน และนักศึกษาครูที่ผ่านการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 คน จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลและปรับปรุงจนได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์โดยเน้นในส่วนของการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม การพัฒนากระบวนการเรียนรู้เริ่มจากการที่ผู้วิจัยพบข้อบกพร่องของตนในการจัดการเรียนรู้ในวิชาการผลิตสื่อการเรียนรู้สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์หลายประการ ดังนั้น จึงนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ต้นแบบ จากนั้นนำไปทดลองใช้ ทำการปรับปรุงคุณภาพและความเหมาะสม จนได้กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ได้เรียนรู้ผ่านการลงมือสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะการทำงานเป็นกลุ่ม ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้จริงในโรงเรียน โดยกระบวนการผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักศึกษาจะได้ฝึกการคิดแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการบูรณาการความรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมถึงการอภิปรายสะท้อนคิดระดับบุคคล ระดับกลุ่ม และระดับชั้นเรียน โดยผู้สอนที่ทำหน้าเป็นที่ปรึกษา ชี้แนะ และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิด โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การให้ความรู้พื้นฐาน (Introduction) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ทฤษฎีและการผลิตสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้สื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และบทบาทของผู้สอนในฐานะผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Facilitator) ผ่านกิจกรรม Workshop ที่เน้นการลงมือปฏิบัติและการทำงานเป็นกลุ่ม โดยกิจกรรมที่สำคัญ คือ การจำลองการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จำนวน 2 วิธี ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบชี้นำ (Guided Inquiry) และ 2) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาผ่านการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) การร่วมกันอภิปรายและสะท้อนคิดร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ตัวอย่างคำถาม เช่น “นักศึกษาพบปัญหาอะไรบ้าง มีการแก้ปัญหาอย่างไร” เพื่อแสดงถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม “กิจกรรมวันนี้ นักศึกษาได้ใช้ความรู้ STEM อย่างไรบ้าง” เพื่อแสดงถึงการบูรณาการความรู้

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ ระบุปัญหาและข้อจำกัด (Analyze, Identify the Problem and Constraints) ผู้วิจัยมอบหมายให้นักศึกษาผลิตชุดกิจกรรมในลักษณะการทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยนักศึกษาจะต้องผลิตชุดกิจกรรมและนำไปใช้จริงที่โรงเรียน ในชั้นแรกนักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมวิเคราะห์ถึงปัญหาและข้อจำกัดให้ได้ประเด็นหลักเพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบชุดกิจกรรม ดังนี้ 1) สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 3) สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมในรูปแบบค่ายสะเต็มที่มีเวลาจำกัดได้ 4) มีความแปลกใหม่และท้าทายผู้เรียน และ 5) อยู่ภายใต้งบประมาณที่กำหนด โดยเทคนิคสำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบและมี

ความเข้าใจที่ตรงกัน ได้แก่ 1) การร่วมกันกำหนดตารางการปฏิบัติงานตลอดภาคการศึกษาระหว่างนักศึกษาและผู้วิจัย และ 2) การให้นักศึกษาจดบันทึก Logbook เพื่อให้เข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการ Redesign

ขั้นที่ 3 การสืบค้นข้อมูลและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา (Research and Brainstorm Possible Solution) นักศึกษาสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อหาแนวคิดและข้อค้นพบใหม่ๆ มาร่วมกันอภิปรายและลงมติตัดสินใจเลือกออกแบบชุดกิจกรรมที่ตรงกับความต้องการและข้อจำกัด จากนั้นนำมาเสนอต่อผู้วิจัยเป็นรายการกลุ่ม หากกลุ่มใดสามารถตอบคำถามได้ชัดเจนซึ่งแสดงถึงว่านักศึกษาเข้าใจปัญหาและข้อจำกัด จึงจะได้รับอนุญาตให้ดำเนินการในขั้นต่อไปได้ แต่หากกลุ่มใดไม่สามารถตอบคำถามได้ชัดเจนจะต้องกลับไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำกลับมาเสนออีกครั้ง โดยขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนที่ยากและใช้เวลานานที่สุดเพราะเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ซึ่งเทคนิควิธีการเพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถเลือกหัวข้อในการพัฒนาชุดกิจกรรม ได้แก่ 1) การใช้คำถามที่มีลักษณะชักใช้ไล่เรียงถึงความเป็นไปได้ของกิจกรรม การบูรณาการความรู้ การคำนึงถึงข้อจำกัด และการนำไปใช้จริงในการจัดค่ายสะเต็ม 2) ผู้วิจัยปฏิบัติตัวในฐานะผู้สนับสนุนการเรียนรู้ (Facilitator) และมีความเป็นกันเองเพื่อให้นักศึกษากล้าที่จะเข้ามาปรึกษา ต้องไม่ตัดสินว่าความคิดของนักศึกษาดีหรือไม่ดี ควรทำหรือไม่ควรทำ แต่ควรให้เป็นข้อสังเกตและคำแนะนำ เพื่อให้นักศึกษาใช้เป็นข้อมูลในการกลับไปอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปต่อไป และ 3) ผู้วิจัยใช้วาจาเชิงบวกเพื่อช่วยให้นักศึกษามีกำลังใจและมีแรงผลักดันในการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็ม

ขั้นที่ 4 การวางแผนและออกแบบ (Plan and Design) นักศึกษาร่วมกันการวางแผนการทำงานรวมถึงการประมาณการงบประมาณ เพื่อนำมาเสนอต่อผู้วิจัยในการขอรับเงินสนับสนุน จากนั้นลงมือร่างชุดกิจกรรมต้นแบบ (Prototype) ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบกิจกรรมการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (IPST, 2014) และนำมาเสนอต่อผู้วิจัยอีกครั้งเป็นรายการกลุ่มเพื่อรับคำปรึกษาและปรับปรุงแก้ไข ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากพบว่านักศึกษส่วนใหญ่มักจะออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบทั่วๆ ไป โดยให้นักเรียนสร้างชิ้นงานตามคู่มือซึ่งไม่สะท้อนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อย่างไรก็ตามการจัดการจัดกิจกรรมให้นักศึกษาได้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการนำตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนสะเต็มศึกษามาให้นักศึกษาเปรียบเทียบจะทำให้เห็นภาพชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ (Build a Prototype) นักศึกษาลงมือพัฒนาชุดกิจกรรมต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ แผนการจัดการเรียนรู้ คู่มือการใช้สำหรับครูและนักเรียน แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และตัวสื่อ ซึ่งทั้งหมดรวมเรียกว่า “ชุด Boxset กิจกรรม STEM” หลังจากนั้นนำไปตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาและภาษาโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 3 ท่าน เพื่อนำข้อเสนอแนะมาพัฒนาปรับปรุงให้ชุดกิจกรรมสะเต็มต้นแบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยชุดกิจกรรมที่นักศึกษาลงมือมีทั้งหมด 6 ชุด ได้แก่ 1) กิจกรรม Robot Glass แนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน 2) กิจกรรมคอปเตอร์ D.I.Y. แนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านอากาศ 3) กิจกรรมม้าหมุนมหาสนุก แนวคิดเรื่อง สมดุล 4) กิจกรรมฟาร์มหรรษา แนวคิดเรื่อง Phylum Chordata 5) กิจกรรมรถบีมน้ำมัน แนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง และ 6) กิจกรรม Grab Rice แนวคิดเรื่องเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ในขั้นนี้เทคนิคที่สำคัญ คือ การให้คำปรึกษาจากผู้วิจัยและอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญท่านอื่นๆ อย่างสม่ำเสมอ สามารถช่วยให้นักศึกษาได้เห็นจุดบกพร่อง และแก้ปัญหาได้ตรงจุดและรวดเร็ว

ขั้นที่ 6 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข (Testing, Evaluation and Redesign) มีวงจรการพัฒนาและปรับปรุงจำนวน 2 รอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรที่ 1 การสอนแบบจุลภาค (Micro Teaching) นักศึกษานำชุดกิจกรรมต้นแบบที่ 1 ทดลองสอนเพื่อนในลักษณะของการสอนแบบจุลภาคโดยใช้เวลาการจัดกิจกรรมกลุ่มละ 2 ชั่วโมง (สอดคล้องตารางเรียนในโรงเรียน) หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มจะได้รับการประเมินผลโดยเพื่อน ใช้แบบประเมินความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การอภิปรายสะท้อนคิดในชั้นเรียน และคำแนะนำของผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ จากนั้นนักศึกษทำการวิเคราะห์การสอนของตนเองผ่านการเขียนบันทึกหลังสอน และรวบรวมข้อมูลจาก 3 ส่วนเพื่อปรับปรุงพัฒนาจนได้ชุดกิจกรรมต้นแบบที่ 2 เพื่อใช้ในการจัดค่ายสะเต็มในโรงเรียน

วงจรที่ 2 การทดลองใช้ชุดกิจกรรมในโรงเรียน นักศึกษานำชุดกิจกรรมต้นแบบที่ 2 ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ในรูปแบบค่ายสะเต็มในโรงเรียน ลักษณะการจัดแบบฐานเวียน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม (ตามจำนวนชุดกิจกรรมที่นักศึกษผลิตขึ้น) แบบคละสายชั้น ในแต่ละฐานจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อเสร็จสิ้นแต่ละฐานนักเรียนจะได้ทำแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมสะเต็มนั้นๆ หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมนักศึกษทำการวิเคราะห์การสอนของตนเองผ่านการเขียนบันทึกหลังสอน วิเคราะห์แบบวัดแนวคิดและแบบวัดความพึงพอใจเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงชุดกิจกรรมฉบับสมบูรณ์

ขั้นที่ 7 การนำเสนอผลงานและการสะท้อนความรู้ (Presentation and Reflection) นักศึกษานำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาสรุปผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบรายงาน หลังจากนั้นร่วมกันสรุปความรู้และสะท้อนคิดกิจกรรมที่เกิดขึ้นตลอดภาคเรียน โดยเน้นประเด็นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม โดยผู้วิจัยจัดสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นในลักษณะนั่งล้อมเป็นวงกลมโดยมีผู้วิจัยนั่งอยู่ในกลุ่มสนทนาด้วย ผู้วิจัยมีหน้าที่เป็นผู้ดำเนินการอภิปราย การใช้คำถามกระตุ้น และบรรยายเสริมในส่วนที่ยังไม่ครบถ้วน จากนั้นนักศึกษประเมินความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองโดยใช้แบบประเมิน

2. ความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เมื่อใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักศึกษาเป็นเวลา 1 ภาคเรียน พบว่า ในภาพรวมนักศึกษามีความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มอยู่ในระดับดี โดยพิจารณาได้จากผลการประเมินจากแบบประเมินความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม ภาพรวมรายด้านจากแหล่งข้อมูล 3 แหล่ง ได้แก่ นักศึกษาประเมินตนเองอยู่ในระดับดีมากในทุกด้าน ในขณะที่ผลการประเมินจากเพื่อนและอาจารย์ประเมินให้อยู่ในระดับดีในทุกด้าน เมื่อพิจารณาผลคะแนนประเมินในรายด้าน พบว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษามากที่สุด (ร้อยละ 4.64 (ตนเอง), 4.23 (เพื่อน), 4.09 (อาจารย์)) รองลงมา คือ ด้านการผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และอันดับสุดท้าย คือ ด้านคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่านักศึกษประเมินตนเองให้อยู่ในระดับดีมากแทบทุกรายการ ยกเว้น 3 รายการ ได้แก่ 1) กิจกรรมเน้นการออกแบบ แก้ปัญหา และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน 2) กิจกรรมมีความแปลกใหม่ และท้าทายความสามารถของผู้เรียน และ 3) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ที่ผลการประเมินจากทั้ง 3 ส่วนอยู่ในระดับดีเท่ากัน แสดงให้เห็นว่านักศึกษาคิดว่าตนเองบกพร่องในสามประเด็นนี้มากที่สุดเมื่อเทียบกับประเด็นอื่น ๆ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์

รายการ	ประเมินตนเอง			เพื่อนประเมิน			อาจารย์ประเมิน		
	$\bar{X}$	SD	แปรผล	$\bar{X}$	SD	แปรผล	$\bar{X}$	SD	แปรผล
1 ด้านการผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.62	0.01	ดีมาก	4.11	0.06	ดี	4.08	0.21	ดี
2 ด้านคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้	4.59	0.12	ดีมาก	4.10	0.05	ดี	4.05	0.30	ดี
3 ด้านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา	4.64	0.10	ดีมาก	4.23	0.05	ดี	4.09	0.26	ดี

นอกจากนี้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดในทุกกิจกรรม โดยกิจกรรมที่นักเรียนให้คะแนนสูงที่สุด คือ กิจกรรม Grab Rice (เฉลี่ย 4.62 คะแนน) ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยนักเรียนระบุว่ากิจกรรมมีความแปลกใหม่และท้าทายความสามารถ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการประเมินในภาพรวมมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยขอนำเสนอเป็นรายด้านมีรายละเอียดดังนี้

ด้านการผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษามีกระบวนการทำงานที่เป็นระบบ โดยได้มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการผลิตชิ้นงาน มีการทำงานเป็นกลุ่ม จึงทำให้สามารถผลิตชุดกิจกรรมที่สามารถใช้ได้จริงโดยพิจารณาได้จากการอภิปรายสะท้อนคิดท้ายบทเรียนและการบันทึก Logbook ยกตัวอย่างเช่น “สมาชิกในกลุ่มปรึกษากันเรื่องหัวข้อกิจกรรม STEM โดยคำนึงถึงเนื้อหาที่จะใช้ในการสอนนักเรียนและอิงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและนำหัวข้อเสนอแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม และร่วมกันลงความคิดเห็นเลือกหัวข้อในการทำกิจกรรม STEM” (บันทึก Logbook, 24 ธันวาคม พ.ศ. 2562 โดย กลุ่ม G4) อย่างไรก็ตามผู้วิจัย พบว่า การตัดสินใจเลือกกิจกรรมให้สอดคล้องกับปัญหาและข้อจำกัดเป็นปัญหาที่นักศึกษาประสบมากที่สุด สังเกตได้จากบางกลุ่มกิจกรรมยังไม่แปลกใหม่ และไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในค่ายสะเต็ม

ด้านคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษาสามารถผลิตชุดกิจกรรมที่มีคุณภาพและมีองค์ประกอบครบถ้วน และสะท้อนลักษณะการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยนักศึกษาระบุว่าตนเองเข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น “ตอนแรกหนูคิดว่าการสอนแบบสะเต็ม คือ มีอุปกรณ์มาให้แล้วให้เด็กทำตามไปเลย โดยที่ไม่ต้องให้เด็กรู้ว่าต้องสร้างอย่างไร มีสถานการณ์อย่างไร สอนอย่างไร แต่พอมาเรียนได้รู้ว่าสะเต็มสามารถใช้เทคนิคการสอนได้หลายแบบ....ชุดกิจกรรมก็มีรายละเอียดมากกว่าที่คิด อย่างเช่น พวกสถานการณ์ อุปกรณ์ คู่มือครู คู่มือนักเรียนประมาณนี้ค่ะ” (T5) อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ประสบปัญหาใหญ่ๆ 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน โดยสถานการณ์ที่นักศึกษาออกแบบในระยะแรกมักเป็นเรื่องไกลตัวทำให้นักเรียนเข้าถึงยาก และ 2) ด้านการออกแบบกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สังเกตได้จากระยะแรกของการพัฒนาชุดกิจกรรมต้นแบบ นักศึกษาออกแบบกิจกรรมที่มีลักษณะสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการสร้างชิ้นงานตามคู่มือเพื่อแก้ปัญหาบางอย่าง แต่ไม่ได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา ออกแบบและแก้ไขชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัด

ด้านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในประเด็นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาหลังจากได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สังเกตได้จากผลการประเมินในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่นๆ โดยนักศึกษามีการจัดการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับลักษณะของสะเต็มศึกษา เช่น สะท้อนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การเป็นผู้ชี้แนะและสนับสนุนผู้เรียน ดังตัวอย่างของคำตอบของนักศึกษา

“การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ เน้นให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิด การทำงานเป็นกลุ่ม และปรับปรุงแก้ไขปัญหา” (T8) ซึ่งสอดคล้องกับคำตอบของนักเรียน“...ได้ลงมือทำค่ะ จากที่เราเรียนในห้อง เราไม่รู้ว่าความเป็นจริงแล้ว แรงมันเกิดขึ้นยังไง เราไม่เห็นจริง ๆ พอเราได้ลงมือทำ เราก็ได้มาใช้หลักการที่เราเรียนมาจริงๆ มันเลยทำให้เราเข้าใจมากขึ้น” (M2S3) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบปัญหาเรื่องการจัดการเรียนรู้ในประเด็นของการสะท้อนความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยนักศึกษาระบุว่ายังรู้สึกไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรในกระบวนการอภิปรายและสรุปผลเพื่อให้ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge)

3. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้จากนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 8 แนวคิด ได้แก่ 1) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน 2) แรงแม่เหล็ก 3) แรงต้านอากาศ 4) สมดุลสถิต 5) สมดุลจลน์ 6) ไฟลัมคอร์ดาตา 7) การเคลื่อนที่แนวตรง: ความเร็ว และ 8) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มตามเกณฑ์ของ Haidar (1997) พบว่า นักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (NU) ทั้งนี้ เนื่องจากเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาแนวคิด ซึ่งจะเห็นว่าค่ายสะเต็มมีลักษณะเป็นฐานที่มีเวลาจำกัด ดังนั้นจึงมีการปรับลดกิจกรรมในชุดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา ผนวกกับการจัดกลุ่มนักเรียนมีลักษณะคล้ายคลึงกันและความสามารถ ส่งผลให้การใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรมแตกต่างกันตามระดับความสามารถของนักเรียน จึงส่งผลให้ในช่วงแรกบางฐานจึงไม่สามารถจัดกิจกรรมได้ครบถ้วนตามเวลาที่กำหนด นอกจากนี้กิจกรรมค่ายสะเต็มเป็นกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้จึงไม่ได้มีการเก็บคะแนน นักเรียนจึงสนใจการลงมือปฏิบัติกิจกรรมมากกว่าการตอบแบบวัดแนวคิด และด้วยหลักของจริยธรรมในงานวิจัยจึงทำให้ไม่สามารถบังคับให้ทุกคนตอบแบบวัดแนวคิดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล โดยตัดกลุ่มไม่มีแนวคิดออก จากผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายโดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง (SU) และแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน โดยแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) จำนวน 3 แนวคิด ได้แก่ 1) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน (ร้อยละ 42.42) 2) แรงแม่เหล็ก (ร้อยละ 37.88) 3) Phylum Chordata (ร้อยละ 44.51) และ 4) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ร้อยละ 33.81) อย่างไรก็ตามมีจำนวน 4 แนวคิด ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ได้แก่ 1) แรงต้านอากาศ (ร้อยละ 55.78) 2) สมดุลสถิต (ร้อยละ 41.97) 3) สมดุลจลน์ (ร้อยละ 40.94) และ 4) การเคลื่อนที่แนวตรง (ความเร็ว) (ร้อยละ 55.80) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	N	จำนวนร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด				
		SU	PU	PU/SM	SM	NU
1) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน	132	42.42	4.55	3.79	5.30	43.94
2) แรงแม่เหล็ก	137	37.88	3.79	10.61	7.57	40.15
3) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านอากาศ	131	13.74	55.78	20.61	3.82	6.05
4) สมดุลสถิต	131	41.22	41.97	0.76	5.35	10.70
5) สมดุลจลน์	131	38.42	40.94	3.83	3.83	12.98
6) Phylum Chordata	123	44.51	8.13	0.00	6.24	41.12
7) การเคลื่อนที่แนวตรง: ความเร็ว	138	14.50	55.80	5.07	0.00	24.63
8) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	139	33.81	30.94	3.60	10.07	21.58

หมายเหตุ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU: Sound Understanding) แนวคิดผิดถูกต้องบางส่วน (PU: Partial Understanding) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SU: Partial Understanding with Specific Misconception) แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM: Specific Misconception) ไม่มีแนวคิด (NU: No Understanding)

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การให้ความรู้พื้นฐาน 2) การวิเคราะห์ ระบุปัญหาและข้อจำกัด 3) การสืบค้นข้อมูลและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา 4) การวางแผนและออกแบบ 5) การพัฒนาโมเดลต้นแบบ 6) การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข และ 7) การนำเสนอผลงานและสะท้อนความรู้ สามารถช่วยให้นักศึกษาสามารถผลิตชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ได้จริง และสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้ โดยปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้กระบวนการจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จประกอบด้วย 1) การจำลองการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ช่วยให้นักศึกษาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้ 2) มีการบูรณาการความรู้ครบทั้ง S T E และ M 3) การระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดที่ชัดเจน ช่วยให้นักศึกษามีกรอบในการพัฒนาชุดกิจกรรม 4) การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ช่วยให้เข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากขึ้น 5) การสอนแบบจุลภาคและการทดลองใช้ชุดกิจกรรมจริงในโรงเรียน ช่วยให้เกิดความมั่นใจ ทราบจุดบกพร่องและทำนายปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนได้ 6) การอภิปรายสะท้อนคิดท้ายกิจกรรม ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ 7) บทบาทผู้สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้สอน ร่วมกับการใช้คำถามในลักษณะชักใช้ไล่เรียง ช่วยกระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา และ 8) บุคลิกภาพที่เป็นมิตรและการใช้วาจาเชิงบวกของผู้สอน เพื่อพัฒนาความคิดแบบเติบโต (Growth Mindset) (Dweck, 2008) ช่วยให้นักศึกษาไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคและมีกำลังใจในการพยายามแก้ปัญหาจนบรรลุผลสำเร็จ ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้บูรณาการความรู้ที่หลากหลาย รวมถึงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพครู เช่น การจัดการชั้นเรียน การวัดและประเมินผล จิตวิทยาการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ Vasquez (2013) ที่เสนอว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรเน้นการบูรณาการความรู้ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ การให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 และการให้โจทย์หรือปัญหาที่ท้าทายผู้เรียน อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาที่มุ่งหมายให้นักศึกษาได้สัมผัสประสบการณ์ตรงจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับประสบการณ์วิชาชีพ (Amornwivat as cited in Triwaranyu, 2017)

จากผลการประเมินความสามารถด้านกระบวนการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม พบว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในด้านการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษามากที่สุด เนื่องจากนักศึกษาไม่เคยเรียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามาก่อน เมื่อได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและทดลองสอนก่อนนำไปใช้จริงจึงทำให้มีความเข้าใจมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Triwaranyu (2017) ที่ให้นักศึกษานำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริงพบว่า สามารถช่วยให้นักศึกษามีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น แต่หากพิจารณาจากผลคะแนนตามรายการ พบว่า รายการที่นักศึกษาได้คะแนนน้อยที่สุด คือกิจกรรมเน้นการออกแบบแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่นักศึกษายังขาดประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา การไม่คุ้นชินกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งไม่ได้บรรจุเป็นวิชาหลักในหลักสูตรการศึกษาของประเทศไทย (Chamrat, 2017) จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดผู้วิจัยพบประเด็นที่น่าสนใจหลายประการ โดยขอเสนอเป็นรายด้าน ดังนี้

1. วิธีการการได้มาซึ่งหัวข้อในการพัฒนาชุดกิจกรรมของนักศึกษา ประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ 1) การนำกิจกรรมสะเต็มที่มีอยู่แล้วในอินเทอร์เน็ตมาปรับปรุงพัฒนาให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมรถบินน้ำมัน ที่ตัดแปลงมาจากกิจกรรมรถพลังลูกโป่ง แต่เพิ่มข้อจำกัดในด้านงบประมาณ และสภาพพื้นผิวของถนน 2) การดัดแปลงจากการทดลองทาง

วิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรม Grab Rice ได้แนวคิดมาจากการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยประยุกต์เป็นสถานการณ์การผลิตเครื่องส่งกระสอบข้าวข้ามคูน้ำไปยังจุดต่างๆ ที่อยู่ห่างกัน และ 3) การนำสิ่งประดิษฐ์มาพัฒนาต่อยอด ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมฟาร์มหรรษา ได้แนวคิดมาจากการกิจกรรมพับกระดาษเป็นคอกสัตว์ของเด็กอนุบาล นำมาต่อยอดโดยการให้นักเรียนออกแบบคอกสัตว์และจัดกลุ่มสัตว์ตามแหล่งที่อยู่อาศัยภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนด จากแนวทางดังกล่าว พบว่ากระบวนการพัฒนาชุดกิจกรรมของนักศึกษาเริ่มจากการค้นหาสิ่งที่ตนเองสนใจ และต้องการให้นักเรียนสร้างนวัตกรรม แล้วจึงวิเคราะห์ว่าสิ่งนั้นสามารถเชื่อมโยงกับการบูรณาการ S T E และ M อย่างไร จากนั้นจึงนำมาออกแบบกิจกรรมให้มีลักษณะเป็นสะเต็มศึกษา โดยชุดกิจกรรมมีลักษณะเด่น คือ การกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและข้อจำกัดก่อน หลังจากนั้นให้อุปกรณ์มาอย่างหลากหลายเพื่อให้นักเรียนออกแบบ ปรับปรุง และผลิตนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. ลักษณะสถานการณ์และปัญหาทางสะเต็มศึกษา ลักษณะของปัญหาทางสะเต็มที่นักศึกษาออกแบบมีลักษณะ คือ 1) มีการปูเรื่องราว เข้าใจได้ง่าย โดยมีการผสมผสานปัญหาและข้อจำกัดอยู่เรื่องราว ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้การคิดวิเคราะห์ เพื่อระบุประเด็นปัญหาและข้อจำกัดออกมาด้วยตนเอง 2) เป็นปัญหาที่สามารถหาทางแก้ไขได้หลายวิธีภายใต้อุปกรณ์ที่กำหนดให้ 3) สามารถใช้ความรู้ทางด้าน S T E และ M ในการแก้ปัญหาได้ และ 4) เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนได้มีโอกาสเข้าไปสวมบทบาทสมมติ ซึ่งคล้ายคลึงกับ Pleasants (2020) ที่กล่าวว่า ปัญหาทางสะเต็มศึกษามีลักษณะ 4 ประการ ได้แก่ 1) ให้ความสนใจกับการเกิดเทคโนโลยีใหม่ 2) ให้ความสนใจในการใช้ความรู้ด้าน S T E และ M 3) ใช้ความรู้ที่เฉพาะเจาะจงกับเรื่องหรือปัญหานั้นๆ 4) เป็นปัญหาที่เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน

3. การบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา นักศึกษายังมีการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปได้ในระดับผิวเผิน โดยส่วนใหญ่นำเทคโนโลยีมาใช้เพียงแค่การสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต แต่ไม่ได้มีการนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในระดับที่สูงขึ้นไป เช่น การใช้โปรแกรมในการออกแบบโมเดล การใช้โปรแกรม Excel ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาปัญหาที่เกี่ยวกับในสะเต็มศึกษาของ Saito (2015) และ Bybee (2013) รายงานไปในทางเดียวกันว่า ทั้งนักศึกษาครูและครูมีการบูรณาการเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้สาเหตุน่าจะเกิดจากการที่นักศึกษายังขาดความรู้ความเข้าใจในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสะเต็มศึกษา และการขาดการบูรณาการอย่างเป็นรูปธรรมระหว่างกลุ่มวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและกลุ่มวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรในมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความเข้าใจในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) สามารถช่วยให้มีความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ได้ (Chatmaneeerungcharoe, 2019)

จากผลการวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนจำนวนเกือบครึ่งมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (NU) เนื่องจากไม่ตอบแบบวัดแนวคิด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่ตอบแบบวัด พบว่า จำนวนนักเรียนกลุ่มแนวคิดถูกต้อง (SU) และแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (SU) อาจเกิดจากการที่นักเรียนบางส่วนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ (Roadrangka, 1997) ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมในค่าย และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มกับนักศึกษาครู ทั้งนี้การที่นักเรียนบางส่วนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) เนื่องจากค่ายสะเต็มมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น เวลา ทักษะและความรู้เดิมของนักเรียน การสื่อสารของนักศึกษา สภาพแวดล้อมในการจัดกิจกรรม เป็นต้น จึงส่งผลให้นักศึกษารวบรวมขั้นตอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอธิบายและสรุปความรู้ ผนวกกับนักเรียนตอบแบบวัดด้วยความเร่งรีบ ซึ่งสอดคล้องกับการสะท้อนของนักศึกษาหลังจากจัดค่ายสะเต็ม “เวลาเป็นปัญหาหนึ่ง ทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่มีเวลามากพอในการรวมกลุ่มกันอธิบายแนวคิด ยังไม่มีเวลาได้เขียน หรือได้อธิบายร่วมกันกับพวกผม ก็เลยยังไม่ได้ Concept” (คนที่ T2)” อีกทั้งเนื้อหาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนใหญ่อยู่ในตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยมาก่อนหรือเพิ่งเคยเจอครั้งแรก เช่น สมดุลจลน์ สมดุลสถิต และ

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงต้านอากาศ เป็นต้น จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความสับสนจนเกิดเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ โดยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกิดได้จาก 5 สาเหตุสำคัญ ได้แก่ 1) แนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากประสบการณ์เดิม (Preconceived Nation) 2) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากความเชื่อที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ (Nonscientific Belief) 3) แนวคิดคลาดเคลื่อนในข้อเท็จจริง (Factual Misconception) 4) แนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากภาษา (Vernacular Misconception) และ 5) แนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความเข้าใจผิด (Conceptual Misunderstanding) (NRC, 1997) ดังนั้นการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจึงถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมแนวคิดที่ถูกต้องได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นการพัฒนาความสามารถในการผลิตและใช้ชุดกิจกรรมเพิ่มเติมของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์พบประเด็นที่นักศึกษายังมีความบกพร่องอยู่ ได้แก่ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาให้เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และการบูรณาการเทคโนโลยีในกิจกรรมเพิ่มเติม ดังนั้น ควรเพิ่มรายวิชาหรือแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจธรรมชาติของเทคโนโลยีและการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาที่เฉพาะกับเนื้อหาในหลักสูตรระดับมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ อาจใช้การเพิ่มการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เฉพาะกับเนื้อหาเข้าไปในรายวิชา ดังนั้น จึงควรวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์สามารถบูรณาการสาระเทคโนโลยีเข้าไปในการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษา

References

- Bybee, R. (2013). *The case for STEM education: challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Chamrat, S. (2017). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity. *STOU Education Journal*, 10(2), 13-34. [in Thai]
- Chatmaneerungcharoen, S. (2019). Technological pedagogical content knowledge for STEM education in Thailand. *Kasetsart Educational Review*, 34(1), 51-64. [in Thai]
- Dweck, C. S. (2008). *Mindset: the new psychology of success*. New York: Ballantine Books.
- Haidar, A. (1997). Prospective chemistry teachers' conception of conservation of matter and related concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 181-19.
- Intalapaporn, C. (2015). Development of Training curriculum to enhance the ability of STEM education learning management for primary school teachers. *Veridian E-Journal Silpakom University*, 8(2), 714-736. [in Thai]
- Jungwongsuk, S., Pimsri, K., Kongkhan, T., Tangkawanich, W., & Sajjapatanakul, A. (2017). Problems and needs in practicum teaching experience of students in social study, education faculty, Pibulsongkram Rajabhat university. *Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University*, 4(1), 12-22. [in Thai]
- Kaewklom, W., Khumwong, P., & Dahsah, J. (2018). Current situation, problem and needs for STEM learning of primary science teacher. *Veridian E-Journal Silpakom University*, 11(3), 2092-2112. [in Thai]
- Karakul, R., & Nuangchalerm, P. (2015). The development of science activity packages based on constructivist theory for Mathayomsuksa 4. *Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University*, 3(2), 38-53. [in Thai]

- Klinkajom, P., Yutakom, N. & Veeraposping, T. (2018). Physics teachers' understandings and teaching practices in accordance with science, technology, engineering and mathematics (STEM) education in a pre-Engineering school. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkron Rajabhat University*, 12(2), 146-156. [in Thai]
- Koocharoenpisa, N., Wongwattana, J., & Buawkaew, P. (2019). Effect of science learning activity on light and visibility based on STEM education for lower secondary students. *Journal of Education Naresuan University*, 21(4), 166-182. [in Thai]
- Ladachart, L., Phothong, W., Rittikoo, W., & Ladachart, L. (2019). Teachers' understanding and views about STEM education and engineering design. *Silpakorn University Journal*, 39(3), 133-149. [in Thai]
- Ministry of Education. (2016). *The 12th national education plan of the Kingdom of Thailand*. Retrieved May 10, 2019, from <http://www.kknpeo.moe.go.th/2018> [in Thai]
- National Research Council (NRC). (1997). *Science teaching reconsidered: a handbook*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pimthong, P. (2018). *STEM education*. Bangkok: Vista Interprint. [in Thai]
- Pleasants, J. (2020). Inquiring into the nature of STEM problems implications for pre-college education. *Science & Education*, 29, 831-855.
- Roadrangka, V. (1997). *Constructivism*. Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Saengpromsri, P. (2015). Comparisons of learning achievement, integrated science process skills, and attitude toward chemistry learning for Matthayomsueksa 5 students between STEM education and conventional methods. *Journal of Education, Mahasarakham University*, 9 (Special edition), 401-418. [in Thai]
- Saito, T., Gunji, Y., & Kumano, Y. (2015). The problem about technology in STEM education: some findings from action research on the professional development & integrated STEM lessons in informal fields. *K-12 STEM Education*, 1(2), 85-100.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2014). *STEM education and engineering design process*. Retrieved March 27, 2019, from <http://www.stemedthailand.org/?knowstem=ส่งเสริมศึกษาและการออกแบบ> [in Thai]
- Triwaranyu, C. (2017). The development of the instructional process for enhancing student teachers' ability in developing instructional innovation by using lesson study approach assisted by thinking and working processes based on the philosophy of sufficiency economy. *Journal of Education Studies*, 45(2), 21-40. [in Thai]
- Vasques, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM: lesson essentials, grades 3-8*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Vichaidit, C., & Faikhamta, C. (2017). Exploring orientation toward STEM education of pre-service science teachers. *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, 11(3), 165-174. [in Thai]
- Yuyaem, V., Janmanee, R., & Pinwatana, K. (2017). The development of learning activities by using the storyline method of constructing science lesson. *Journal of Graduate Studies in Northern Rajabhat Universities*, 7(13), 125-132. [in Thai]