Journal of Education Studies

Volume 51
Issue 1 *January - March 2023*

Article 6

1-1-2023

ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

จักรกฤต ภูชงค์ประเวศ

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/educujournal

Part of the Education Commons

Recommended Citation

ภูชงค์ประเวศ, จักรกฤต (2023) "ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา," *Journal of Education Studies*: Vol. 51: Iss. 1, Article 6.
DOI: 10.58837/CHULA.EDUCU.51.1.6
Available at: https://digital.car.chula.ac.th/educujournal/vol51/iss1/6

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Journal of Education Studies by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

Journal of Education Studies
วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่ 51 ฉบับที่ 1 EDUCU5101006 (13 pages) doi:

ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

Effects of Instruction Using STEM education Emphasized on Engineering Design Process on Collaborative Problem Solving Competencies of Lower Secondary School Students under the Office of the Higher Education Commission

จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ[1*]
Jakkrit Puchongprawet[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม รวม 42 คน โดยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่อิสระ ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังเรียนโดยภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะย่อยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังเรียนอยู่ในระดับสูงและมีค่าใกล้เคียงกันในทุกสมรรถนะย่อย

คำสำคัญ *:* สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, สะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Article Info: Received 6 October, 2022; **Received in revised form** 24 February, 2023; **Accepted** 2 March, 2023

[1] อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม อีเมล : jakkrit.p@chula.ac.th, jakkrit_pu@outlook.com
Teacher of Chulalongkorn University Demonstration Secondary School Email: jakkrit.p@chula.ac.th, jakkrit_pu@outlook.com

* Corresponding Author

หมายเหตุ : ได้รับทุนคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the collaborative problem-solving competencies of lower secondary school students before and after learning STEM lessons based on the engineering design process, and 2) to study the collaborative problem-solving competencies of lower secondary school after learning STEM lessons based on the engineering design process. The research sample included 42 lower secondary school students at a university demonstration school under the office of the Higher Education Commission, *Ministry of* Higher Education, Science, Research, and Innovation; the students were selected using purposive sampling. The instruments used in this research were STEM lessons based on engineering design process lesson plans. The research instrument used for data collection was a collaborative problem-solving competencies test. The data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation, and *t*-test for dependent groups. The results of this research were that 1) the students' collaborative problem-solving competencies and every sub-competency after learning with STEM lessons based on the engineering design process were higher than before learning at the .05 level of statistical significance and 2) the students' collaborative problem-solving competencies mean scores were at a high level and were similar in all sub-competencies.

Keywords: collaborative problem solving competencies, STEM education, engineering design process

บทนำ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (collaborative problem solving competencies) เป็นสมรรถนะหลัก (core competency) ในแนวคิดของหลักสูตรฐานสมรรถนะ (competency-based curriculum) ที่เน้นให้ผู้เรียนมีทักษะการเป็นผู้นำ มีการแลกเปลี่ยนความรู้กับสมาชิกในกลุ่มเพื่อสนับสนุนให้กลุ่มบรรลุตามเป้าหมาย รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น ปฏิบัติตนในบทบาทที่ได้รับมอบหมาย และสามารถให้กำลังใจและปรับตัวเพื่อลดปัญหาความขัดแย้ง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาใหม่ ๆ ผ่านการระดมความคิดความสามารถของหลายฝ่ายและทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุจุดประสงค์เดียวกันจนนำไปสู่การคิดริเริ่มและการแก้ปัญหาที่ดีกว่าการแก้ปัญหาโดยลำพัง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2563; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2562; Hesse et al., 2015)

นอกจากนี้ โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA (programme for international student assessment) ในปี ค.ศ. 2015 ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะดังกล่าว โดยจัดให้มีการประเมินที่เน้นการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 สมรรถนะย่อย ได้แก่ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันที่พิจารณาจากการรู้และเข้าใจข้อมูลสำคัญ รวมถึงจุดแข็งและจุดอ่อนที่เกี่ยวข้องกับงาน 2) การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่พิจารณาจากการสื่อสารในกลุ่มระหว่างการทำงานร่วมกัน รวมถึงการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ของนักเรียน และ 3) การกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่มที่พิจารณาจากการเข้าใจบทบาทและหน้าที่ของตนเอง รวมถึงเฝ้าติดตามเพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้ง (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2017)

แม้ว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจะมีความจำเป็นต่อผู้เรียนทุกคน แต่ในเกือบทุกประเทศไม่มีการสอนหรือพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวอย่างชัดเจนในโรงเรียน (OECD, 2017) ส่งผลให้ผลการวัดระดับตามโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล ในปี พ.ศ. 2558 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเพียง 436 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD คือ 500 คะแนน โดยอยู่ในระดับต่ำ และยังพบว่า การแก้ปัญหาแบบร่วมมือยังมีความสัมพันธ์กับผลการประเมินวิทยาศาสตร์

โดยมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.77 ซึ่งมากกว่าผลการประเมินการอ่านและคณิตศาสตร์ที่มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.74 และ 0.70 ตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนจะต้องทำงานร่วมกันในการปฏิบัติการทดลองและมีการถกเถียงโดยให้เหตุผลเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2563) และสอดคล้องกับผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของผู้วิจัย ที่พบว่า ในขณะทำโครงงานนักเรียนไม่มีการแบ่งบทบาทหน้าที่กันอย่างชัดเจน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มน้อย มีการลอกเลียนแนวคิดจากงานอื่น ๆ ภาระงานส่วนใหญ่อยู่ที่สมาชิกที่เป็นหัวหน้ากลุ่ม ส่งผลให้เกิดปัญหาในการทำงานกลุ่มและผลลัพธ์ของงานไม่บรรลุตามเป้าหมาย ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะให้บรรลุเป้าหมายทั้งในระดับนานาชาติ ระดับชาติ และในระดับโรงเรียนนั้นจึงควรมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสื่อสารและมีส่วนร่วมในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจะต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูมีการมอบหมายภาระงานให้นักเรียน มีการแบ่งปันความคิดและแบ่งหน้าที่ในการทำงานร่วมกัน มีการสื่อสารระหว่างกัน รวมถึงมีการติดตามความก้าวหน้าและการประเมินผลลัพธ์ (Gikkies, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นการจัดกิจกรรมให้นักเรียนนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันร่วมกัน (Bybee, 2013) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสามารถพัฒนาได้จากแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (สายชล สุกร, 2562) และแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นวิจัยเป็นฐาน (ธีรฎา ไชยเดช, 2559) แต่เมื่อได้พิจารณาขั้นตอนในการจัดกิจกรรมของทั้ง 2 งานวิจัย ผู้วิจัยเห็นว่ายังขาดขั้นตอนที่จะช่วยให้นักเรียนคิดสร้างสรรค์แนวทางในการแก้ปัญหาให้มีความหลากหลายที่จะส่งผลต่อการเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เหมาะสมที่สุด และขั้นตอนที่ให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานที่จำเป็นต่อการนำแนวทางการแก้ปัญหาไปใช้งานจริงและสอดคล้องกับเป้าหมายของรายวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มเพิ่มเติม พบว่า สะเต็มศึกษาสามารถนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ให้นักเรียนมีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ และการยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่นได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) และช่วยพัฒนาความสามารถต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา (สุวิมล สาสังข์, 2562) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ, 2564) เป็นต้น แต่จากงานวิจัยของ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ และคณะ (2561) ที่นำแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์มาพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะหลังเรียนอยู่ในระดับกลาง โดยนักเรียนยังไม่สามารถระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์และไม่สามารถจัดการความขัดแย้งที่เกิดขึ้นในกลุ่มได้ นอกจากนี้ขั้นตอนที่นำมาใช้มีความซับซ้อนถึง 10 ขั้นตอน ทั้งนี้ในงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า การจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้มีการนำเสนอข้อมูลเชิงหลักการสนับสนุนการแก้ปัญหาของนักเรียนให้มากขึ้น และควรเน้นบทบาทของสมาชิกกลุ่มแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงบทบาทของตนเองตลอดกระบวนการเรียนรู้ให้มากขึ้น

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) มาประยุกต์ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนเพียง 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) เพื่อทำความเข้าใจปัญหาภายใต้ข้อจำกัด 2) ขั้นวิจัยปัญหา (research the problem) เพื่อศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นจินตนาการ (imagine) เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด 4) ขั้นวางแผน (plan) เพื่อเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา 5) ขั้นสร้าง (create) เพื่อสร้างต้นแบบ 6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (test and evaluate prototype) เพื่อทดสอบผลการทำงานของต้นแบบ และ 7) ขั้นปรับปรุง (improve) เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดนำมาใช้ปรับปรุงชิ้นงาน และผนวกเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลเชิงหลักการมาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน รวมถึงมีการเสริมเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่ช่วยในการทำงานเป็นทีมในแต่ละขั้นตอน

เพื่อเน้นให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนได้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสามารถพัฒนาสมรรถนะต่าง ๆ ควบคู่กับการพัฒนาองค์ความรู้ตามตัวชี้วัดของหลักสูตรได้ดียิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการออกแบบหลักสูตรฐานสมรรถนะได้ในอนาคต

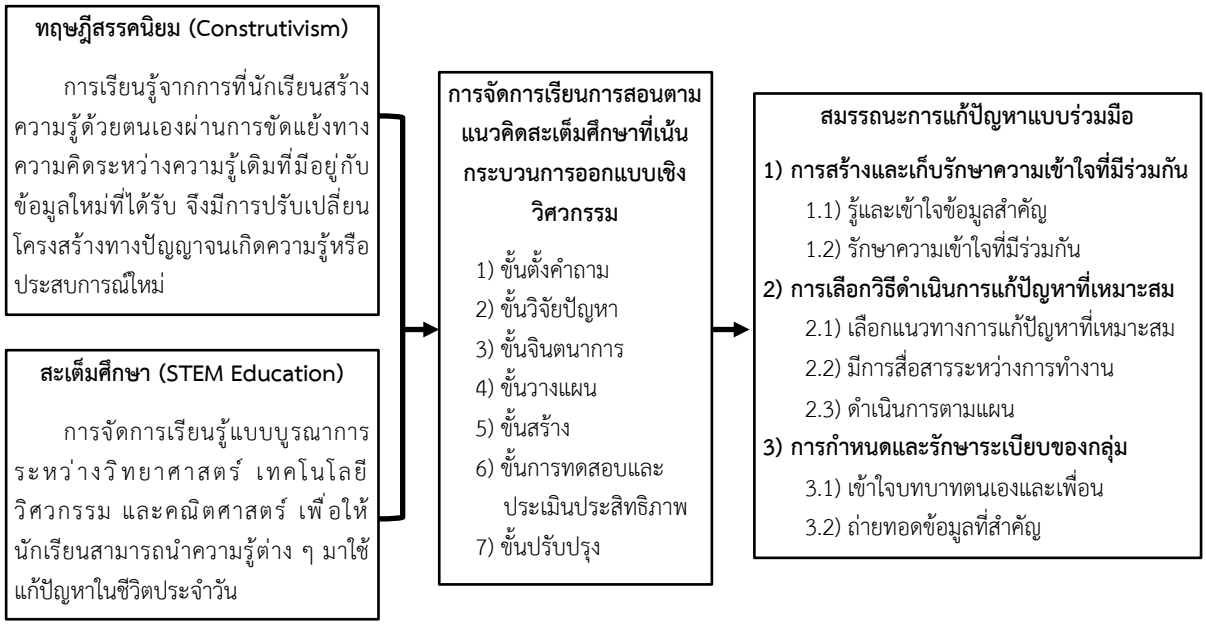
วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. ศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ภาพ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre-experiment research) โดยมีการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ขอบเขตการวิจัย

1.1 ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

1.1.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.1.2 ตัวแปรตาม คือ คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1.2 ประชากร

ประชากรในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา

1.3 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเพิ่มเติม สนุกคิดกับกิจกรรม STEM ณ โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 42 คน โดยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวนทั้งสิ้น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 5 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 20 คาบเรียนและใช้เวลาในการดำเนินการ 10 สัปดาห์ โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองสิ่งประดิษฐ์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 7 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1

รายละเอียดของลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้ง 7 ขั้นตอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ระยะเวลาที่ใช้	ลักษณะกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน
1	ขั้นตั้งคำถาม	10 นาที	1. สังเกตและวิเคราะห์สภาพปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ 2. อภิปรายเพื่อระบุขอบเขตของปัญหา และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา
2	ขั้นวิจัยปัญหา	50 นาที	1. ศึกษาวิธีแก้ปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย 2. อภิปรายและจดบันทึกข้อมูลจากการศึกษา
3	ขั้นจินตนาการ	20 นาที	1. ระดมสมองเพื่อหาแนวคิดชิ้นงานที่ใช้แก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย
4	ขั้นวางแผน	20 นาที	1. อภิปรายเพื่อเลือกใช้แนวคิดชิ้นงานที่ดีที่สุดโดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือก 2. อภิปรายเพื่อออกแบบโครงร่างชิ้นงานโดยระบุวัสดุอุปกรณ์และภาพร่าง
5	ขั้นสร้าง	70 นาที	1. ร่วมกันเตรียมอุปกรณ์และลงมือสร้างต้นแบบชิ้นงาน
6	ขั้นทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ	30 นาที	1. อภิปรายเพื่อออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน 2. เก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ
7	ขั้นปรับปรุง	50 นาที	1. นำเสนอผลการแก้ปัญหา 2. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเอง

แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้มีการนำเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์กายภาพในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมาออกแบบกิจกรรมโดยบูรณาการกับเนื้อหาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในรูปแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary) ดังตาราง 2

ตาราง 2

เนื้อหา STEM ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้

ที่	กิจกรรม	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม	คณิตศาสตร์
1	เครื่องคัดขนาดผลไม้	1. แรงเสียดทาน 2. ความชันพื้นเอียง 3. ความเร็ว อัตราเร็ว	1. การเลือกใช้เครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน 2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูล	1. แนวคิดการแก้ปัญหาด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2. การเขียนแบบร่าง	1. การคำนวณค่าความเร็วและประสิทธิภาพ 2. การคำนวณค่าใช้จ่าย
2	บรรจุภัณฑ์กันกระแทก	1. แรงโน้มถ่วง 2. แรงต้านอากาศ			1. การคำนวณค่าความเร็ว 2. การคำนวณค่าใช้จ่าย
3	สะพานข้ามแม่น้ำ	1. แรงลัพธ์ 2. การกระจายแรง 3. คุณสมบัติของวัสดุ			1. รูปทรงเรขาคณิตที่ใช้ในการออกแบบสะพาน 2. การคำนวณค่าใช้จ่าย
4	เรือฝ่าน้ำท่วม	1. ความหนาแน่น 2. แรงลอยตัว 3. จุดศูนย์ถ่วง 4. โมเมนต์ของแรง			1. การคำนวณค่าความหนาแน่น 2. การหาปริมาตรรูปทรงเรขาคณิต 3. การคำนวณค่าใช้จ่าย

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีสถานการณ์และชิ้นงานที่นักเรียนต้องสร้างที่แตกต่างกัน มีการนำเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่ช่วยในการทำงานเป็นทีมมาประยุกต์ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดของลักษณะกิจกรรมและชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 3

ตาราง 3

รายละเอียดของลักษณะกิจกรรมและชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ที่	กิจกรรม	สถานการณ์	ชิ้นงานที่ต้องสร้าง	เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน	เทคนิคที่นำมาใช้
1	เครื่องคัดขนาดผลไม้	**สถานการณ์แยกส้ม :** แม่ค้าร้านขายผลไม้มีปัญหาในการแยกขนาดส้ม	อุปกรณ์แยกลูกแก้ว 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก	1. ระยะเวลาที่ใช้ในการแยก 2. ความแม่นยำในการแยก 3. จำนวนเงินจำลองที่เหลือ	1. การอภิปรายเป็นทีม 2. การพูดเป็นคู่
2	บรรจุภัณฑ์กันกระแทก	**สถานการณ์ช่วยเหลือผู้ประสบภัย :** เจ้าหน้าที่ไม่สามารถส่งอาหาร / ยา ให้กับผู้ประสบภัยน้ำท่วม	อุปกรณ์ป้องกันไข่ไก่แตกเมื่อปล่อยจากที่สูงจำนวน 3 ชิ้น	1. ความสูงที่ปล่อยไข่ไก่ลงมาได้โดยไข่ไก่ไม่มีรอยร้าว 2. ความแม่นยำในการส่ง 3. จำนวนเงินจำลองที่เหลือ	1. การพูดรอบวง 2. การเขียนรอบวง
3	สะพานข้ามแม่น้ำ	**สถานการณ์น้ำป่าซัดสะพานพัง :** สะพานในหมู่บ้านพังทลายจากน้ำป่า	สะพานจำลองที่มีความยาวไม่ต่ำกว่า 50 เซนติเมตร	1. น้ำหนักที่สามารถรับได้ในเวลาเกิน 10 วินาที 2. จำนวนเงินจำลองที่เหลือ	1. มุมสนทนา 2. การคิดเดี่ยว คิดคู่ ร่วมกันคิด 3. การเขียนรอบวง

ตาราง 3 (ต่อ)

รายละเอียดของลักษณะกิจกรรมและชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ที่	กิจกรรม	สถานการณ์	ชิ้นงานที่ต้องสร้าง	เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน	เทคนิคที่นำมาใช้
4	เรือฝ่าน้ำท่วม	**สถานการณ์น้ำท่วมกรุงเทพ :** สิ่งของเครื่องใช้โดนน้ำท่วมเสียหาย จึงต้องขนของขึ้นที่สูง	เรือหรือแพจำลองที่มีขนาดไม่เกินถังน้ำที่มีรัศมี 25 เซนติเมตร	1. จำนวนลูกแก้วที่บรรจุได้โดยเรือไม่จมเกิน 10 วินาที 2. จำนวนเงินจำลองที่เหลือ	1. การแก้ปัญหาด้วยจิ๊กซอร์ 2. การคิดเดี่ยว คิดคู่ ร่วมกันคิด 3. การเขียนรอบวง

นอกจากนี้ ในทุกกิจกรรมจะนำเทคนิคการสอนที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์เพิ่มเติม ได้แก่ เทคนิค SCAMPER ที่ช่วยให้ระดมแนวทางการแก้ปัญหาให้หลากหลาย และเทคนิคตารางประเมินที่ช่วยให้สามารถพิจารณาแนวทางที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหา เป็นต้น

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบหลักฐานด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity evidence) พบว่า ได้ค่าความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีลักษณะเป็นแบบสอบอัตนัยจำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 6 ข้อ รวม 12 ข้อ ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันในการประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลก่อนและหลังทำกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การให้คะแนนในแบบทดสอบ ผู้วิจัยให้คะแนนผ่าน rubric scoring โดยข้อคำถามแต่ละข้อมีระดับการประเมินตั้งแต่ 1 ถึง 3 คะแนน ซึ่งในแต่ละสมรรถนะย่อยจะมีข้อคำถาม 4 ข้อ รวมคะแนนเต็มแต่ละสมรรถนะ 12 คะแนน และรวมคะแนนเต็มของแบบทดสอบทั้งฉบับ 36 คะแนน สำหรับการวิเคราะห์ผลผู้วิจัยเลือกที่จะนำทั้งคะแนนสมรรถนะย่อยและคะแนนของแบบทดสอบทั้งฉบับมาแปลงเป็นคะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยหากมีคะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.66 หมายถึง ระดับสมรรถนะต่ำ คะแนนเฉลี่ย 1.67 - 2.33 หมายถึง ระดับสมรรถนะปานกลาง และคะแนนเฉลี่ย 2.34 - 3.00 หมายถึง ระดับสมรรถนะสูง

แบบทดสอบผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยการตรวจสอบหลักฐานด้านความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พบว่า ได้ค่าความสอดคล้อง (item objective Congruence, IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงไปตรวจสอบความเที่ยงกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่ตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่า ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เท่ากับ .913 มีค่าความยาก (difficulty index) อยู่ในช่วง 0.53 – 0.69 และมีค่าอำนาจจำแนก (discriminant index) อยู่ในช่วง 0.33 – 0.78

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ออกแบบและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 วางแผนการเก็บข้อมูล และดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในคน

3.2 นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือฉบับก่อนเรียนไปใช้วัดความสามารถของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้ (pre-test) แล้วตรวจบันทึกผลคะแนน

3.3 จัดกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มละ 3-4 คน จำนวน 12 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มที่มีนักเรียน 3 คน 6 กลุ่ม และกลุ่มที่มีนักเรียน 4 คน 6 กลุ่ม เพื่อดำเนินการทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 4 แผน พร้อมบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของนักเรียนขณะร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน

3.4 นำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือฉบับหลังเรียนไปใช้วัดความสามารถของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ (post-test) แล้วตรวจบันทึกผลคะแนน

3.5 นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ 1) หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (*M*) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) 2) เปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่อิสระ (*t*-test for dependent groups) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนำผลการบันทึกข้อมูลพฤติกรรมของนักเรียนขณะร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนมาใช้ในการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นดังตาราง 4

ตาราง 4

ค่าสถิติพื้นฐานและระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (n = 42) แยกตามสมรรถนะย่อยจากแบบทดสอบ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)

ประเด็นการศึกษา	Min	Max	*M*	$M_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับความสามารถ
ก่อนเรียน	1.08	2.67	1.91	63.67	0.32	ปานกลาง
หลังเรียน	1.50	3.00	2.48	82.67	0.33	สูง

ข้อมูลจากตาราง พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.48 คะแนน (ร้อยละ 82.67) โดยมีความสามารถอยู่ในระดับสูง ซึ่งมีค่ามากกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.91 คะแนน (ร้อยละ 63.67) โดยมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มไม่อิสระ (*t*-test for dependent groups) ของคะแนนในแต่ละสมรรถนะย่อยและคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 สมรรถนะทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลเป็นดังตาราง 5

ตาราง 5

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (n = 42) จากแบบทดสอบในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน

ประเด็นการศึกษา	*M*	*M* ร้อยละ	*SD*	ระดับความสามารถ	*t*	*p*	จำนวนนักเรียนที่มีระดับความสามารถ (คน)		
							ต่ำ	ปานกลาง	สูง
สมรรถนะย่อยที่ 1 : การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน									
ก่อนเรียน	1.96	65.33	0.45	ปานกลาง	6.97*	.000	8	28	6
หลังเรียน	2.49	83.00	0.38	สูง			2	12	28
สมรรถนะย่อยที่ 2 : การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม									
ก่อนเรียน	1.88	62.67	0.40	ปานกลาง	10.05*	.000	11	26	5
หลังเรียน	2.49	83.00	0.40	สูง			1	18	23
สมรรถนะย่อยที่ 3 : การกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม									
ก่อนเรียน	1.90	63.33	0.39	ปานกลาง	9.62*	.000	10	29	3
หลังเรียน	2.48	82.67	0.39	สูง			1	14	27
ค่าเฉลี่ยสมรรถนะโดยภาพรวม									
ก่อนเรียน	1.91	63.67	0.32	ปานกลาง	12.79*	.000	7	32	3
หลังเรียน	2.49	83.00	0.33	สูง			2	10	30

หมายเหตุ : * $p < .05$

ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในภาพรวมทั้ง 3 สมรรถนะย่อยหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 2.49 คะแนน (ร้อยละ 82.67) สูงกว่าก่อนเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ย 1.91 คะแนน (ร้อยละ 63.67) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ในช่วงหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับสูง แตกต่างจากก่อนเรียนที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

นอกจากนี้ ยังพบว่า คะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 สมรรถนะย่อยหลังเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 สมรรถนะย่อยหลังเรียนมีค่าใกล้เคียงกัน ได้แก่ 2.49 คะแนน (ร้อยละ 83.00) 2.49 คะแนน (ร้อยละ 83.00) และ 2.48 คะแนน (ร้อยละ 82.67) ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การวิเคราะห์ข้อมูลการทำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงถึง 30 คน จาก 42 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างการเขียนตอบเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีความสมบูรณ์ เป็นดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 นักเรียนหมายเลข 6

สถานการณ์เรือ Ever Given ปิดคลองสุเอซ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

สมรรถนะย่อยที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาที่แท้จริงที่ต้องเร่งแก้ไข ดังตัวอย่างคำตอบ “ปัญหาเรือติดคลองที่ทำให้เรือลำอื่น ๆ ไม่สามารถสัญจรได้ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจ” และนักเรียนสามารถกำหนดหน้าที่ตามจุดแข็งและจุดอ่อนของสมาชิกแต่ละคนตามสถานการณ์ในแบบทดสอบพร้อมระบุเหตุผลได้ถูกต้องและเหมาะสม

สมรรถนะย่อยที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นักเรียนสามารถนำแนวทางการแก้ปัญหาของสมาชิกทุกคนมาประยุกต์รวมกันและระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบ “1) นำเครนมายกตู้สินค้าทั้ง 2 ข้างให้สมดุลกันประมาณครึ่งหนึ่งของตู้สินค้าทั้งหมดบนเรือ เพื่อลดน้ำหลักและทำให้เรือเริ่มลอยน้ำ 2) เริ่มดำเนินการขุดทรายจนเรือลอยน้ำ 3) วิเคราะห์ช่วงเวลาน้ำขึ้น และนำเรือลำเล็กจำนวน 2 ลำมาลากบริเวณหัวเรือและท้ายเรือในทิศตามเข็มนาฬิกา”

สมรรถนะย่อยที่ 3 การกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนสามารถจัดการความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากความคิดเห็นที่แตกต่างกันในกลุ่มตามสถานการณ์ในแบบทดสอบและยังนำแนวคิดที่เห็นต่างมาต่อยอดพร้อมกับให้เหตุผลประกอบ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถสื่อสารเพื่อแก้ไขความเข้าใจได้อย่างประนีประนอม ดังตัวอย่างคำตอบ “ให้เพื่อนแต่ละคนเสนอความคิดเห็น หลังจากนั้นให้ช่วยกันอภิปรายถึงข้อดีแต่ละวิธีโดยไม่กล่าวโทษกันและกัน และสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการได้หากทั้งกลุ่มมีความเห็นตรงกัน”

ตัวอย่างที่ 2 นักเรียนหมายเลข 34

สถานการณ์ทำเค้กช้า แก้อย่างไร นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

สมรรถนะย่อยที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน นักเรียนนำความคิดเห็นของสมาชิกทุกคนมาระบุเป็นปัญหาที่แท้จริงของการทำเค้กได้ช้าได้เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถแบ่งหน้าที่ของสมาชิกตามสถานการณ์ในแบบทดสอบได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสมกับความถนัดของแต่ละคน ดังตัวอย่างคำตอบ “ให้ A และ B ดูแลเรื่องการประดิษฐ์ เนื่องจากมีความสามารถในการใช้เครื่องมือช่าง และชอบประดิษฐ์ ส่วน C ดูแลเกี่ยวกับการออกแบบ เนื่องจากสามารถวาดภาพและจัดกระทำข้อมูลให้เข้าใจง่ายแต่มักจะตัดกระดาษเบี้ยว”

สมรรถนะย่อยที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นักเรียนสามารถนำแนวคิดการสร้างเครื่องคัดแยกไข่ทั้ง 3 แนวคิดของสมาชิกมาประยุกต์รวมกันเป็นแนวคิดที่เหมาะสมได้ ดังตัวอย่างคำตอบ “นำแนวคิดที่เป็นรางไม้เจาะหลุมวงกลมให้ไข่แดงตกมาปรับรูปแบบหลุมให้เป็นแถบและนำแนวคิดตะแกรงมากรองไข่ขาว เพื่อสลับให้ไข่ขาวตกลงมาแทนไข่แดง” พร้อมทั้งให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า วิธีการนี้จะทำให้ไข่แดงไม่กระแทกตกลงมาแตก

สมรรถนะย่อยที่ 3 การกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนมีการระบุวิธีติดตามการทำงานของสมาชิกพร้อมทั้งสามารถสื่อสารให้สมาชิกที่ไม่ใส่ใจในการทำงานให้เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองได้อย่างสมเหตุสมผลและประนีประนอม

อภิปรายผล

ผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือก่อนเรียนและหลังเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกสมรรถนะย่อย และคะแนนหลังเรียนในทุกสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับสูงและมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 3 ประการ ดังนี้

ประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเอื้อให้นักเรียนสามารถตั้งคำถาม สืบค้นปัญหาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และนำมาแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ส่งผลให้สมาชิกทุกคนใน

กลุ่มสามารถเข้าใจปัญหาหลัก เงื่อนไข และข้อจำกัดได้ตรงกัน มีเป้าหมายร่วมกัน และระบุแนวคิดในการทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาถึงความสามารถของสมาชิกในกลุ่มและสื่อสารหน้าที่กันได้อย่างตรงเป้าหมายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับ National Research Council (2012) และ Kuhn (2015) ที่กล่าวว่า การกำหนดปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง และการหาวิธีการแก้ปัญหาร่วมกันโดยใช้ความรู้ที่มีและความรู้จากแหล่งอื่น ๆ มาอภิปรายโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาดังกล่าวจะเป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนทุกคนเข้าใจปัญหาที่แท้จริงและทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการวางแผนแก้ไขปัญหาได้ตรงตามเป้าหมาย ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้สมรรถนะย่อยที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันได้รับการพัฒนา

ประการที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเอื้อให้นักเรียนได้ระดมความคิดผ่านเทคนิคที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหา เช่น เทคนิค SCAMPER, เทคนิคตารางประเมิน ควบคู่กับเทคนิคที่ช่วยในการทำงานเป็นทีม เช่น เทคนิคการพูดรอบวง เทคนิคการคิดเดี่ยว คิดคู่ร่วมกันคิด เทคนิคการเขียนรอบวง และเทคนิคการแก้ปัญหาด้วยจิ๊กซอร์ ซึ่งส่งผลให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการสื่อสาร วางแผน และดำเนินงานเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน โดยสามารถพิจารณาได้จากผลการตอบแบบทดสอบหลังเรียนที่นักเรียนสามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งจากการสังเกตนักเรียนขณะเข้าร่วมกิจกรรมในแผนการเรียนรู้ที่ 3 สะพานข้ามแม่น้ำ ที่พบว่า นักเรียนมีแนวคิดในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพขึ้นหลังจากที่นักเรียนคุ้นเคยกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการใช้เทคนิคต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12. (2018) ที่กล่าวว่า ขั้นตอนการจินตนาการจะมีการทำงานเป็นทีมในการระดมสมองเพื่อร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และจากนั้นจึงวางแผนเลือกใช้แนวคิดที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้สมรรถนะย่อยที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้รับการพัฒนา

ประการที่ 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเอื้อให้ผู้เรียนลงมือแก้ปัญหาผ่านการปฏิบัติจริง นักเรียนจึงต้องมีการสื่อสาร ติดตาม ให้ข้อเสนอแนะและถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญ ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นกับเพื่อนร่วมกลุ่มอยู่ตลอดเวลาในการทำงาน รับฟังความเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้งการกระตุ้นสมาชิกให้ดำเนินการตามที่ได้รับมอบหมาย และอาจจะมีการปรับเปลี่ยนแนวคิดและบทบาทของสมาชิกในกลุ่มเมื่อเกิดปัญหา โดยสามารถพิจารณาได้จากผลการตอบแบบทดสอบหลังเรียนที่นักเรียนสามารถติดตามการทำงานของเพื่อน จัดการความขัดแย้งที่เกิดขึ้นจากความคิดเห็นที่แตกต่างกันในกลุ่มได้ และสามารถสื่อสารเพื่อแก้ไขความเข้าใจได้อย่างประนีประนอม อีกทั้งจากการสังเกตนักเรียนขณะเข้าร่วมกิจกรรมในแผนการเรียนรู้ที่ 4 เรือฝ่าน้ำท่วม ที่พบว่า นักเรียนสามารถสื่อสารติดตาม และแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้าได้อย่างดีขึ้น เช่น เมื่อเรือของนักเรียนไม่สามารถรับน้ำหนักของลูกแก้วได้ เนื่องจากลูกแก้วจะเทมาข้างใดข้างหนึ่ง นักเรียนสามารถปรึกษากันและสร้างแนวกั้นลูกแก้วเพื่อไม่ให้ลูกแก้วไหล เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ที่ได้กล่าวว่า แนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ และการยอมรับฟังความเห็นของผู้อื่นเพื่อนำมาปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้สมรรถนะย่อยที่ 3 การกำหนดและรักษาระเบียบของกลุ่มได้รับการพัฒนา

นอกจากนี้ ยังพบข้อสังเกตจากคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในทุกสมรรถนะย่อยที่มีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับสูง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นปัญหาเป็นฐานของสายชล สุกร (2562) ที่มีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยในสมรรถนะย่อยที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการแก้ปัญหาที่เหมาะสมน้อยกว่าสมรรถนะย่อยอื่น ๆ ทั้งนี้มาจากการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ในการแก้ปัญหาจะมีขั้นตอนที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายและสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ข้อจำกัดที่นักเรียนได้รับมาใช้แก้ปัญหา อีกทั้งยังมีขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนวางแผนการทำงานและการทดสอบประสิทธิภาพร่วมกัน จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ ดังที่ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนสามารถ

แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรและข้อจำกัดต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มทุน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด และแตกต่างจากงานวิจัยแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของจรูญพงษ์ ชลสินธุ์ และคณะ (2561) ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะอยู่ในระดับกลาง เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้มีการผนวกเนื้อหาตามหลักสูตรและเสริมเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่ช่วยในการทำงานเป็นทีม เช่น เทคนิคการเขียนรอบวง เทคนิคการคิดเดี่ยว คิดคู่ ร่วมกันคิด เป็นต้น ส่งผลให้สมาชิกในทีมได้มีโอกาสเสนอความคิดเห็นได้อย่างหลากหลายและยอมรับฟังความคิดเห็นของกันและกันมากขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลข้างต้น จึงกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญที่สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

การนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้จะต้องคำนึงถึงจำนวนนักเรียนต่อห้องที่ไม่ควรมีมากจนเกินไป เนื่องจาก ต้องอาศัยการชี้แนะและการดูแลจากครูผู้สอนอย่างใกล้ชิด อีกทั้งควรมีการนำเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่ช่วยในการทำงานเป็นทีมมาช่วยเสริมในแต่ละกระบวนการ นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มาเป็นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นผู้ที่สนใจสามารถนำเนื้อหาตามหลักสูตรในระดับชั้นอื่น ๆ มาประยุกต์เป็นกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาในแต่ละระดับชั้นได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม หรือ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังอย่างสร้างสรรค์ได้ หรืออาจจะศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพร่วมด้วย เช่น การสังเกตนักเรียนขณะพูดคุยออกแบบแนวคิด หรือขณะสร้างและทดสอบแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะช่วยให้เห็นถึงผลของการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จรูญพงษ์ ชลสินธุ์, สิรินภา กิจเกื้อกูล, และ วิภารัตน์ เชื้อชวดชัยสิทธิ์. (2561). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. *ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *20*(2), 32-46.

จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ. (2564). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดคณะกรรมการการอุดมศึกษา* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรฏา ไชยเดช. (2559). *การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงชากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาในศตวรรษที่ 21. *วิชาการมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, *33*(2), 50-55.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2563). *PISA 2015 ผลการประเมินการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ* (*collaborative problem solving*). สสวท.

สายชล สุกร. (2562). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องพอลิเมอร์. *ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *30*(2), 166-181.

สุวิมล สาสังข์. (2562). *ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษา* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). 21 เซ็นจูรี่.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *31*(3), 48-53

ภาษาอังกฤษ

Bybee, R. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA.

Gikkies, R. (2007). *Cooperative learning: integrating theory and practice*. Saga Publication.

Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). *A framework for teachable collaborative problem solving skills In Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer.

Kuhn, D. (2015). Thinking together and alone. *Educational researcher, 44*(1), 46-53.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross cutting concepts, and core ideas.* The National Academies Press.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2017). *PISA 2015 Results (Volume V)*. *Collaborative Problem Solving,* OECD Publishing.

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12. (2018). *Engineering design process.* Teach Engineering. https://www.teachengineering.org/populartopics/designprocess.