



ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง กรด-เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา
The Effects of STEM-Based Instructional Management
on the Development of Creativity, Scientific Problem-Solving Ability,
Academic Achievement and Attitudes of Grade 11 Students
on the Topic of Acids and Bases

ทยากร สุขขวัญ*, สมศิริ สิงห์หลพ, ปริญญ ทงสอน

Thayakorn Sukkhwon, Somsiri Singlop, Parinya Thongsorn

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

Faculty of Education, Burapha University, Chonburi 20131 Thailand

*Corresponding author E-mail: thayakorn110926@gmail.com

(Received: August 28 2025; Revised: October 1 2025; Accepted: October 6 2025)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 3) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 5) ศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 28 คน โดยได้จากการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส และ 5) แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (t -test) แบบไม่อิสระ (Dependent t -test) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที (t -test) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว เทียบกับเกณฑ์ (One Sample t -test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 5) เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในภาพรวมสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา; การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์; ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์; เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา



Abstract

This research aimed to: 1) examine the effects of STEAM-based instructional management on the development of creativity among Grade 11 students by comparing their performance before and after the instruction; 2) investigate the effects of STEAM-based instructional management on the development of scientific problem-solving abilities among Grade 11 students by comparing their performance before and after the instruction; 3) study the effects of STEAM-based instructional management on the academic achievement of Grade 11 students on the topic of acids and bases by comparing their performance before and after the instruction; 4) compare the academic achievement of Grade 11 students on the topic of acids and bases after receiving STEAM-based instructional management with the criterion-referenced level of 70 percent; and 5) explore the attitudes of Grade 11 students toward STEAM-based instructional management after participating in the learning process. The sample involved 28 Grade 11 students in a Science-Mathematics Program during the second semester of the 2024 academic year, selected through cluster random sampling and organized in mixed-ability classrooms. Instruments included six STEAM-based learning management plans, creativity test, scientific problem-solving ability test, achievement test on acids and bases, and an attitude questionnaire. Data were analyzed by finding mean ($\bar{X}$), standard deviation (SD), dependent t-tests, and one sample t-tests.

The results showed that: 1) creativity scores of the students were significantly higher after using STEAM-based instructional management at a .05 statistical significance level; 2) scientific problem-solving abilities improved significantly after the intervention with statistical significance at a .05 level; 3) academic achievement on acids and bases increased significantly post-intervention with statistical significance at a .05 level; 4) post-test academic achievement exceeded the 70% mastery criterion significantly; and 5) the students demonstrated a very high positive attitude toward STEAM-based instructional management with an overall mean score of 4.74 and a standard deviation of 0.51.

Keywords : STEAM Education; Creativity Development; Scientific Problem-Solving Abilities; Academic Achievement in Science; Positive Attitudes toward STEAM Education Framework



บทนำ

โลกในศตวรรษที่ 21 ต้องเผชิญกับความท้าทายทั้งด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี สุขภาพ และทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งล้วนต้องอาศัยวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจและแก้ไขปัญหา เพราะวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานของนวัตกรรมและความรู้ใหม่ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการเตรียมความพร้อมนักเรียนให้สามารถเผชิญกับโลกอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งสร้างสังคมที่ใช้วิทยาศาสตร์ในการพัฒนาอย่างยั่งยืนและครอบคลุมทุกมิติของชีวิต ซึ่งการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนเป็นหน้าที่สำคัญของครู สมดังกระแสพระราชดำริของ กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ความตอนหนึ่งว่า “ครู คือ ปัจจัยสำคัญในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ครู คือ มนุษย์ที่สามารถสร้างแรงบันดาลใจให้เด็กนักเรียนที่จะพัฒนาคุณลักษณะของตนเองและสร้างค่านิยมต่าง ๆ ให้เกิดขึ้น ไม่มีเทคโนโลยีใด ๆ สามารถมาแทนที่ครูได้” (มติชนออนไลน์, 2562)

จากกระแสพระราชดำริดังกล่าว ครูจึงต้องเตรียมความพร้อมให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และสามารถนำทักษะนี้ไปใช้ในการดำรงชีวิต ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างประสบการณ์ตรงจากการทำกิจกรรมทั้งในและนอกห้องเรียน นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (กมล โพธิเย็น, 2564) ทั้งยังต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งแต่เดิมเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์ คือ พรสวรรค์ แต่แท้จริงแล้ว หากครูผู้สอนมีวิธีการอย่างชัดเจนที่จะช่วยทำให้นักเรียนเกิดความคิดที่แปลกใหม่ได้แล้ว ก็นับได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นพรสวรรค์ที่สามารถจะสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนได้อย่างแท้จริง โดยที่ครูจะเป็นคนสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนาให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ (กมล โพธิเย็น, 2562)

แต่จากสภาพการจัดการศึกษาในปัจจุบันผู้วิจัยมีข้อค้นพบสำคัญประการหนึ่งจากรายงานผลการประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนสมรรถนะที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหาในรายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2564 - 2566 พบว่านักเรียนมีผลการประเมินในระดับดีและดีเยี่ยมน้อยกว่าร้อยละ 70 ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่สถานศึกษากำหนดตามมาตรฐานงานประกันคุณภาพการศึกษา และจากการประชุมกลุ่มชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) รายวิชาเคมี พบปัญหาที่สอดคล้องกับผลการประเมินดังกล่าว คือ นักเรียนขาดกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้กระบวนการแก้ปัญหาไม่ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ และนักเรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้ คือ ไม่สามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในรายวิชาเคมีที่เรียนมาแล้วหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากรายวิชาอื่น ๆ มาเชื่อมโยงเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ขาดมุมมองความคิดที่หลากหลาย ทำให้นักเรียน

เลือกใช้วิธีการเดิม ๆ ที่คุ้นเคยในการแก้ปัญหาหรือการทำงานส่งครุ จึงไม่พบวิธีการแก้ปัญหาหรือความคิดที่แปลกหรือแตกต่างไปจากเดิม ซึ่งสภาพปัญหาดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

และจากรายงานผลการประเมิน PISA 2022 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2022) พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ทุกด้าน และเมื่อเทียบกับผลการประเมิน PISA 2018 และ PISA 2015 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งสามด้านต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และนอกจากนี้ PISA 2022 ยังได้มีการประเมินเพิ่มเติมด้านความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ซึ่งพบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ด้วยเช่นกัน ซึ่งจากผลการประเมินดังกล่าวทำให้ตระหนักได้ว่านักเรียนไทยยังมีความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่ต้องพัฒนาให้สูงขึ้น โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหารูปแบบหนึ่งคือการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่ง กฤษดา ชูสินธุ์ (2557) และสุจิตา การ์มี (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อีกด้วย สอดคล้องกับ Yakman (2008) ที่กล่าวว่า STEAM เป็นการพัฒนาต่อยอดจากแนวคิด STEM โดยการเพิ่ม “Arts” เพื่อเน้นความคิดสร้างสรรค์ การออกแบบ และจินตนาการ อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของนวัตกรรม และ John Maeda (2013) ได้เสนอแนวคิด “STEM + Art = STEAM” เพื่อยืนยันว่าการพัฒนานวัตกรรมไม่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยเหตุผลล้วน ๆ แต่ต้องอาศัยจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ด้วย แต่ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องและสามารถใช้ได้ผลดี คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพราะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ รัฐดิพล สีหะวงษ์, สุภาณี เส็งศรี, ธงชัย เส็งศรี, วราพร อนันตวงศ์ และนิธิเดชน์ เชิดพุทธ (2567) ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียน จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ สสวท. โดยสอดแทรกขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ Weir 4 ขั้น มาใช้ในการจัดการเรียนรู้

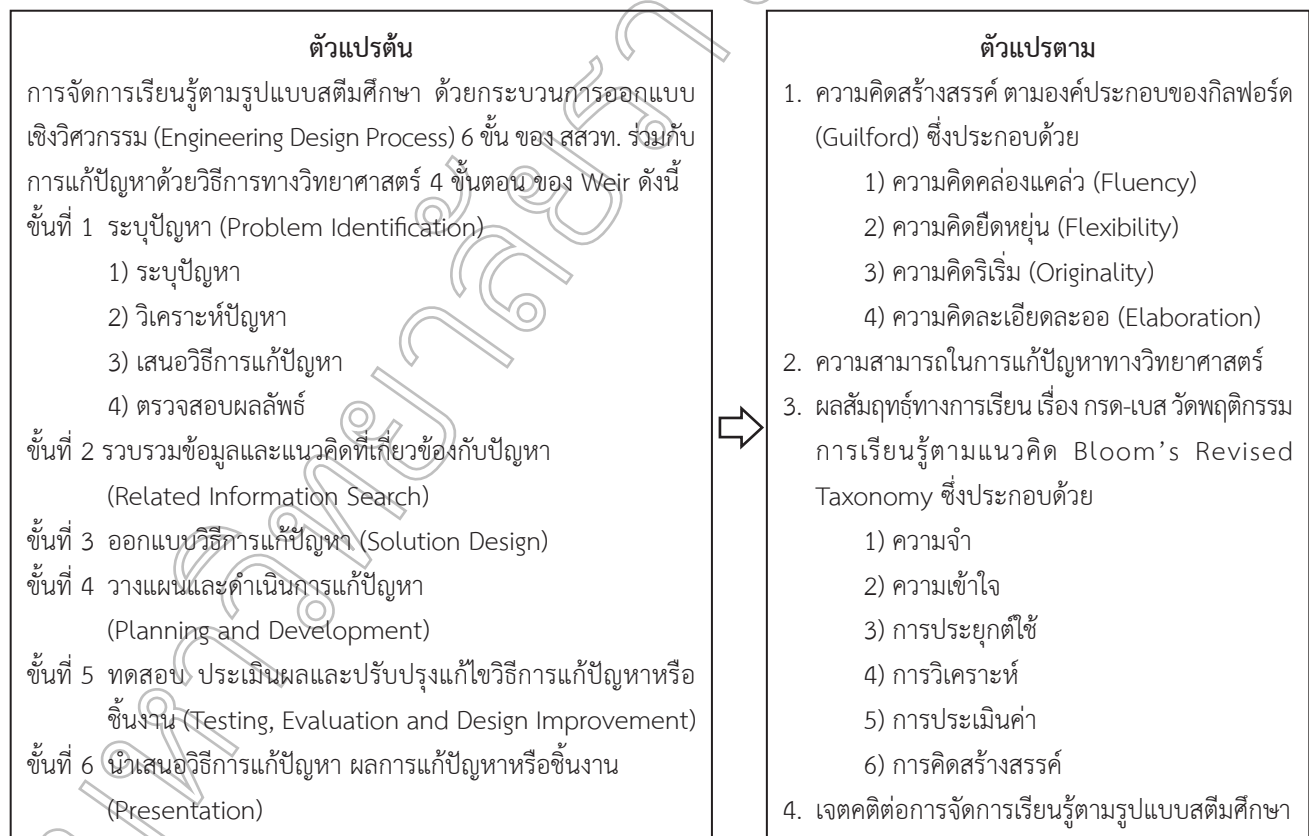


เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้
3. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

5. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70



วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 5 ห้องเรียน จำนวน 165 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 จำนวน 28 คน โดยได้จากการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ เรื่อง pH ของสารละลายกรดและเบส ปฏิกริยาระหว่างกรดและเบส และการไทเทรตกรด-เบสของหน่วยการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง กรด-เบส

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน โดยแต่ละแผนเป็นแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ตัวอย่างของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนที่ 1 ระบุปัญหา จัดกิจกรรมโดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง กรด-เบส ในวิชาเคมีเพื่อฝึกฝนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ Weir 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) เสนอวิธีการแก้ปัญหา และ 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เท่ากับ 4.92, 4.93, 4.92, 4.92, 4.87 และ 4.89 ตามลำดับ

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบอัตนัยไม่อิงเนื้อหา จำนวน 2 ฉบับ ๆ ละ 11 ข้อ ซึ่งแบ่งตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด โดยมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้ ค่า IOC ทั้ง 2 ฉบับ อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 และค่าความเชื่อมั่นฉบับที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.927 และ 0.899 ตามลำดับ

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ๆ ละ 5 สถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนคำถามตามขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ Weir 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) เสนอวิธีการแก้ปัญหา 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ โดยมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้ ค่า IOC ทั้ง 2 ชุด เท่ากับ 1.00 และค่าความเชื่อมั่นฉบับที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.811 และ 0.826 ตามลำดับ

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส จำนวน 1 ฉบับ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม โดยมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้ ค่า IOC ของข้อสอบเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ, ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.42 - 0.62, อำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.22 - 0.42 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.929

5. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ โดยมีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.869

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental research) โดยดำเนินการทดลองแบบ One - Group Pretest - Posttest Design (ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในรายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แล้วเก็บข้อมูลโดยการทดสอบก่อนและหลังการเรียนรู้ ดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างให้ทราบถึงบทบาทของนักเรียนและผู้วิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ฉบับที่ 1 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยไม่สอบในคราวเดียวกัน

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลา 18 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ฉบับที่ 2 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลา 30 นาที โดยไม่สอบในคราวเดียวกัน รวมเวลาทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง 30 นาที

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์



และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบไม่อิสระ (Dependent t -test) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One Sample t -test)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสเต็มศึกษา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบไม่อิสระ (Dependent t -test)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบไม่อิสระ (Dependent t -test)

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสเต็มศึกษา

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	28	98.86	11.775	27	22.853*	.000
หลังเรียน	28	117.75	14.726			

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม รูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลัง ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบไม่อิสระ (Dependent t -test) และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าเฉลี่ยค่าที่ (t -test) แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว เทียบกับเกณฑ์ (One Sample t -test)

4. วิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาวัดเจตคติต่อการจัดการ เรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม รูปแบบสเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 1 - 2

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบคะแนนความคิด สร้างสรรค์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้ผล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 4 องค์ประกอบ

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ความคิดคล่องแคล่ว	ก่อนเรียน	28	47.61	4.425	27	10.038*	.000
	หลังเรียน	28	50.86	5.502			
ความคิดยืดหยุ่น	ก่อนเรียน	28	20.64	1.311	27	15.821*	.000
	หลังเรียน	28	25.89	2.200			
ความคิดริเริ่ม	ก่อนเรียน	28	5.11	2.470	27	11.938*	.000
	หลังเรียน	28	7.39	3.292			
ความคิดละเอียดลออ	ก่อนเรียน	28	25.50	4.993	27	20.636*	.000
	หลังเรียน	28	33.61	4.740			

* $p < .05$



จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 4 องค์กรประกอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา

กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	28	20	7.43	3.726	27	14.789*	.000
หลังเรียน	28	20	12.57	3.563			

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 4 - 5

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา

กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	28	30	10.14	1.938	27	42.528*	.000
หลังเรียน	28	30	24.04	2.442			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบлум ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบloom

พฤติกรรมการเรียนรู้	กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ความจำ	28	2	0.607	0.629	4.425	27	11.301*	.000
	28	2	1.857	0.356	5.502			
ความเข้าใจ	28	6	2.32	0.905	1.311	27	16.424*	.000
	28	6	5.000	0.720	2.200			
การประยุกต์ใช้	28	7	2.143	0.970	2.470	27	16.843*	.000
	28	7	5.536	0.962	3.292			
การวิเคราะห์	28	11	4.250	1.295	4.993	27	17.337*	.000
	28	11	8.286	1.329	4.740			



ตารางที่ 5 (ต่อ)

พฤติกรรมการเรียนรู้	กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	df	t	p
การประเมินค่า	28	2	0.393	0.567	2.470	27	11.301*	.000
	28	2	1.643	0.488	3.292			
การคิดสร้างสรรค์	28	2	0.429	0.504	4.993	27	12.728*	.000
	28	2	1.714	0.460	4.740			

* $p < .05$

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบล็อกล้างเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 6 - 7

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มทดลอง	n	คะแนนเต็ม	คะแนนร้อยละ 70	$\bar{X}$	SD	df	t	p
หลังเรียน	28	30	21	24.04	2.442	27	6.579*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบล็อกล้างเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบล็อกล้างเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

พฤติกรรมการเรียนรู้	n	คะแนนเต็ม	คะแนนร้อยละ 70	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ความจำ	28	2	1.40	1.857	0.356	27	6.788*	.000
ความเข้าใจ	28	6	4.20	5.000	0.720	27	5.879*	.000
การประยุกต์ใช้	28	7	4.90	5.536	0.962	27	3.498*	.002
การวิเคราะห์	28	11	7.70	8.286	1.329	27	2.331*	.027
การประเมินค่า	28	2	1.40	1.643	0.488	27	2.643*	.014
การคิดสร้างสรรค์	28	2	1.40	1.714	0.460	27	3.615*	.001

* $p < .05$

จากตารางที่ 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาทั้ง 6 พฤติกรรมการเรียนรู้ของบล็อกล้างเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ได้ผลดังตารางที่ 8

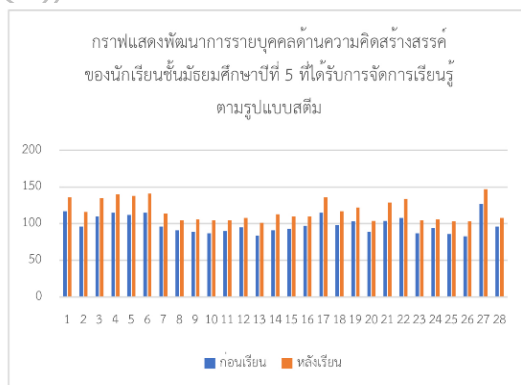


ตารางที่ 8 ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา

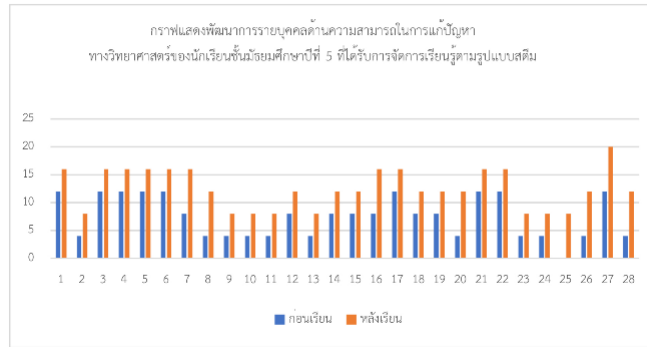
ข้อความ	$\bar{X}$	SD	ระดับเจตคติ
1. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน	4.68	0.47	สูงมาก
2. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ	4.71	0.52	สูงมาก
3. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้กับการเรียนวิชาอื่น ๆ ได้	4.86	0.44	สูงมาก
4. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย	4.61	0.56	สูงมาก
5. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาช่วยสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์	4.75	0.43	สูงมาก
6. ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับชีวิตและทรัพย์สินของนักเรียนได้แม้แต่เรื่องเดียว	4.71	0.52	สูงมาก
7. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถสร้างการเชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากหลากหลายวิชาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	4.64	0.48	สูงมาก
8. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาเหมาะสมที่จะใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	4.82	0.38	สูงมาก
9. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีอิสระในการคิด	4.89	0.31	สูงมาก
10. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาช่วยเพิ่มทางเลือกในการเรียนรู้ ทำให้รู้สึกว่าการเรียนที่เรียนไม่น่าเบื่อ	4.61	0.72	สูงมาก
11. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาไม่สิ้นเปลืองเวลาและคุ้มค่าต่อการเรียนรู้	4.68	0.80	สูงมาก
12. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสร้างความสุขในการเรียนรู้ได้มากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาเพียงอย่างเดียว	4.64	0.48	สูงมาก
13. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาไม่สร้างความวุ่นวายและสับสนในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน	4.75	0.43	สูงมาก
14. การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาส่งผลดีต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	4.89	0.31	สูงมาก
15. ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.79	0.41	สูงมาก
ภาพรวมของเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา เฉลี่ย	4.74	0.51	สูงมาก

จากตารางที่ 8 พบว่า เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในภาพรวมสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

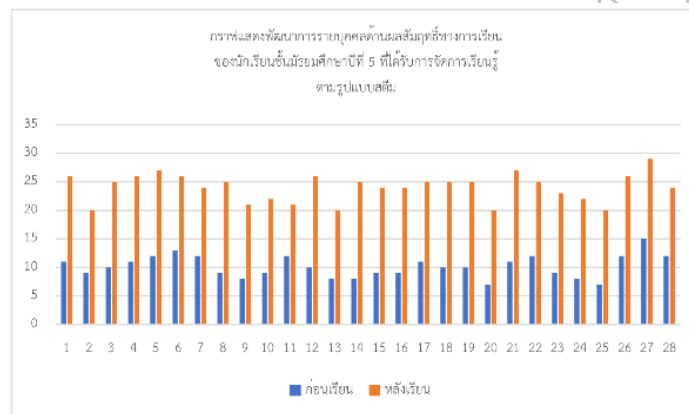
จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้แสดงผลการวิจัยในรูปแบบของกราฟแสดงพัฒนาการรายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มดังภาพที่ 2 - 4



ภาพที่ 2 กราฟแสดงพัฒนาการรายบุคคลด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็ม



ภาพที่ 3 กราฟแสดงพัฒนาการรายบุคคลด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติม



ภาพที่ 4 กราฟแสดงพัฒนาการรายบุคคลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติม

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในภาพรวมและทั้ง 4 องค์ประกอบ
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในภาพรวมและตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม และสูงกว่าเกณฑ์

ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในภาพรวมและตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม

4. เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษาในภาพรวมสูงมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษา มีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปราย ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสติมศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในภาพรวมและทั้ง 4 องค์ประกอบ โดยเฉพาะองค์ประกอบความคิดละเอียดลออและความคิดยืดหยุ่นที่มีผลการตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงเป็นสองลำดับแรก ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



(E) 6 ชั้น ใน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละแผนคือแต่ละชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งในทุกชั้นของกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนจะเกิดการระดมสมอง เกิดมุมมองความคิดที่หลากหลาย เกิดการยอมรับความคิดเห็นต่างนำไปสู่การไตร่ตรองและตกผลึกจนเกิดแนวคิดที่แปลกใหม่ นำไปสู่การลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้ความรู้ด้านเคมี (S) เทคโนโลยี (T) ศิลปศาสตร์ (A) และคณิตศาสตร์ (M) อย่างอิสระ จากกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวจึงเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ัญชนก ทาระเนตร (2564) เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ รัฐติพล สีหะวงษ์, สุภาณี เส็งศรี, ธงชัย เส็งศรี, วราพร อนันตวงศ์ และ นิธิเดชน์ เชิดพุทธ (2567) เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากการบูรณาการองค์ความรู้ของคำว่า “STEAM” ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ชั้น โดยในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ผู้วิจัยได้ผนวกขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ Weir 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา 2) วิเคราะห์ปัญหา 3) เสนอวิธีการแก้ปัญหา และ 4) ตรวจสอบผลลัพธ์ เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา อีกทั้งนักเรียนได้ตรวจสอบผลลัพธ์ ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง และยังสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวล้วนเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนา

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศนันท์ เกลี้ยงไธสง (2567) เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yakman, G. and Lee, Hyon Yong. (2012) เรื่อง Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea โดยการศึกษาแนวคิด STEAM ซึ่งพัฒนามาจาก STEM จากงานวิจัย วิเคราะห์ และสังเคราะห์งานวิจัย เพื่อใช้ STEAM เป็นกรอบในการจัดการเรียนรู้ของเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า สามารถสร้างเจตคติและทักษะในการเรียนรู้ของผู้เรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนระดับมัธยมได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในภาพรวมและตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของบลูม โดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์ที่มีผลการตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ชั้น เป็นการฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา และหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบนำตนเอง กล่าวคือ นักเรียนกำหนดจุดประสงค์และเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองสนใจ เลือกวิธีการเรียนรู้ ทรัพยากร และกิจกรรมที่เหมาะสมกับเป้าหมาย ควบคุมและบริหารจัดการเวลา มีวินัยในตนเอง มีการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง พร้อมปรับเปลี่ยนวิธีการหรือกลยุทธ์เมื่อจำเป็น มีความมั่นใจในตนเอง มีความรับผิดชอบ และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ (Candy, 1991; Loeng, 2020) ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลดีต่อการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยทั้ง 6 ระดับตามแนวคิดของบลูม สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาวิณี เทียมดี, ปิยวรรณ พันสี, และยุทธนา ชัยเจริญ (2565) เรื่อง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงานและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักศึกษาลัทธิศรัทธา ศรัทธาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ปีที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



4. เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสเต็มศึกษาในภาพรวมสูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการ การเรียนรู้ตามรูปแบบสเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม สามารถสนองตอบความสนใจและความถนัดของนักเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกถึง ความมีอิสระทางความคิด ส่งผลให้นักเรียนรู้สึกถึงความท้าทาย ความสามารถในการเรียนรู้ มีความสุขและสนุกกับการเรียนรู้ที่ได้ ลงมือปฏิบัติ จากการนำความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ของคำว่า “STEAM” มาบูรณาการ ทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีความหมาย กล่าวคือนักเรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับสิ่งที่รู้มาแล้ว ส่งผลให้ จำได้ดีและใช้งานได้จริงในชีวิตจริง ซึ่งเงื่อนไขนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับสิ่งใหม่ และที่สำคัญคือ เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนรู้ตนเอง (David P. Ausubel, 1968) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพงษ์ เทศทอง (2564) เรื่อง การจัดการ การเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมิน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ต่อการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิด STEAM ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยภาพรวม มีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำกิจกรรมสเต็มศึกษาไปใช้

1) ก่อนการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งในทุกกิจกรรม การเรียนรู้ผู้สอนควรศึกษาเนื้อหาและทำความเข้าใจกิจกรรม เพื่อ วางแผนและเตรียมการล่วงหน้าอย่างละเอียด และควรเผื่อเวลา สำหรับการทำกิจกรรม หรืออาจทำกิจกรรมในบางส่วนนอกเวลา เพื่อให้ผู้เรียนมีอิสระทางความคิดอย่างเต็มที่และให้แต่ละกิจกรรม บรรลุตามวัตถุประสงค์

2) จากผลการวิจัยในด้านความคิดสร้างสรรค์ จะพบว่าผู้เรียนมีคะแนนที่ค่อนข้างแตกต่างกันมากเนื่องจากการ วิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นแบบอัตนัย ที่ไม่มีคะแนนเต็มเพราะตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน แต่ใช้การจับเวลาในการคิดหาคำตอบ ดังนั้นหากต้องการให้คะแนน ความคิดสร้างสรรค์มีความใกล้เคียงกันควรกำหนดคะแนนเต็ม ของแบบวัดไว้ด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) จากผลการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนสามารถนำเสนอ แนวทางการแก้ปัญหาได้ แต่ยังขาดประเด็นในการสร้างนวัตกรรม หรือชิ้นงาน ดังนั้นผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมที่กำหนดจุดประสงค์

เพื่อให้เกิดนวัตกรรมและเผื่อเวลาสำหรับการสร้างนวัตกรรมหรือ ชิ้นงานจากองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามาแล้ว

เอกสารอ้างอิง

- กมล โพธิเย็น. (2562). ความคิดสร้างสรรค์: พรสวรรค์ที่ครูควร สรรค์ที่ครูสร้างให้ผู้เรียน. **วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร**. 17(1): 9-27.
- กมล โพธิเย็น. (2564). Active Learning: การจัดการเรียนรู้ที่ ตอบโจทย์การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 Active Learning: Learning satisfy Education in 21st century. **วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร**. 19(1): 11-28.
- กฤษฎา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร. **นิตยสาร สสวท**. 42(190): 37-41.
- ณัฐพงษ์ เทศทอง. ผลการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ตาม แนวคิด STEAM เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง นวัตกรรมและเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://ithesisir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3532/1/60263309.pdf>. 2564.
- ทัศนนันท์ เกลี้ยงไธสง. ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยสเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 5. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://irthesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2057/1/gs611130019.pdf>. 2567.
- ธัญชนก ธาระเนตร. ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสเต็มศึกษา ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://ir.buu.ac.th/dspace/bitstream/1513/194/1/61920129.pdf>. 2564.
- ภาวณิ เทียมดี, ปิยวรรณ พันสี, และยุพธนา ชัยเจริญ. (2565). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน และความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศิลปากร**. 20(2): 293-306.



- มติชนออนไลน์. (2562, 15 ตุลาคม). มติชนออนไลน์: “กรมสมเด็จพระเทพฯ ทรงย้ำครู เป็นแรงบันดาลใจให้เด็ก ไม่มีเทคโนโลยีใดแทนได้”. [online].
- รัฐติพล สีหะวงษ์, สุภาณี เส่งศรี, ธงชัย เส่งศรี, วราพร อนันตวงศ์ และนิธิเดชน์ เติตพุทธร. (2567). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานสะเต็มเป็นฐาน เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. **วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร**. 7(2): 254-271.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยเพื่อการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2022, November 6). ผลการประเมิน PISA 2022. [online]. เข้าถึงได้จาก : <https://pisathailand.ipst.ac.th/>. 2022.
- สุธิดา การิมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 1. **นิตยสาร สสวท**. 46(209).
- Ausubel, D. P. (1968). **Educational Psychology: A Cognitive View**. Rinehart & Winston.
- Candy, P. C. (1991). **Self-direction for lifelong learning: A comprehensive guide to theory and practice**. Jossey-Bass.
- Guilford, J. P. (1967). **The nature of human intelligence**. McGraw-Hill.
- Maeda, J. STEM to STEAM: Art in K-12 is key to building a strong economy. [online]. Available : <https://www.edutopia.org/blog/stem-to-steam-strengthens-economy-john-maeda>. 2013.
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is everybody's Problem. **The Science Teacher**. 41(4): 16-18.
- Yakman, G. STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. Retrieved September 18, 2018. [online]. Available : [https://www.academia.edu/8113795/STEAM Education an overview of creating a model of integrative education](https://www.academia.edu/8113795/STEAM-Education-an-overview-of-creating-a-model-of-integrative-education). 2008.
- Yakman, G. and Lee Hyonyong. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. **Journal of the Korean Association for Science Education**. 32(6): 1072-1086.