

การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ด้วยการจัดการเรียนรู้ STEM+5Es บนฐานบริบทสถานการณ์จริง

ยิ่งลักษณ์ เต็มกล้า¹ กานต์ตระกูล วุฒิสเลา² โชคศิลป์ ธนเอื้อง³ และสุระ วุฒิพรหม³

¹สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ²ภาควิชาเคมี และ ³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

^{*}E-mail: sura.w@ubu.ac.th

รับบทความ: 14 ตุลาคม 2568 แก้ไขบทความ: 27 พฤศจิกายน 2568 ยอมรับตีพิมพ์: 6 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ (STEM+5Es) ผ่านกิจกรรม “การสร้างรถขนส่งสิ่งของ” เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดของ Weir เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และสะเต็มศึกษาจำนวน 3 แผน ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 ด้าน (การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลางระหว่างทักษะการแก้ปัญหากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($r = .33$) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM+5Es บนฐานสถานการณ์จริง สามารถพัฒนาองค์ความรู้ควบคู่กับทักษะการแก้ปัญหา และช่วยให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ทักษะการแก้ปัญหา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

Enhancing Problem–Solving Skills and Achievement in Motion through Real–Life Context–Based STEM+5Es Learning

Yinglak Termkla¹, Karntarat Wuttisela², Choksin Tanahoung³ and Sura Wutti-prom^{3*}

¹Science Education Program, ²Department of Chemistry, and ³Department of Physics, Faculty of Science,
Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*E-mail: sura.w@ubu.ac.th

Received: 14 October 2025 Revised: 27 November 2025 Accepted: 6 December 2025

Abstract

The objective of this research was to enhance problem–solving skills and scientific learning achievement among 36 Grade–8 students regarding the topic of “Motion”. The study employed STEM education integrated with the 5Es inquiry–based learning model (STEM+5Es) through the activity “Constructing a Delivery Vehicle”. The research instruments consisted of a multiple–choice problem–solving skills test based on Weir’s framework, a multiple–choice science achievement test on the topic of motion, and three inquiry–based STEM instructional plans. The results showed that after the intervention, the students’ problem–solving skills in all four areas (finding problems, analyzing problems, suggesting solutions, and checking results) improved a lot, as their academic performance, at the .05 level of significance. Furthermore, a moderate positive correlation was observed between problem–solving skills and learning achievement ($r = .33$). This study demonstrates that real–life context–based STEM+5Es learning activities can simultaneously develop scientific knowledge and problem–solving skills, enabling students to apply science concepts meaningfully.

Keywords: STEM education, Inquiry–based learning, Problem–solving skills, Science achievement

บทนำ

ทักษะการแก้ปัญหา (problem–solving skills) เป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับสถานการณ์

จริง (Griffin *et al.*, 2012) โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นศาสตร์ที่เน้นการอธิบายและคาดการณ์ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการสร้างแบบจำลอง (Sutarno *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตามการจัดการ

เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาทางฟิสิกส์ยังคงมุ่งเน้นการถ่ายทอดความรู้และการฝึกทำโจทย์ ซึ่งเน้นเพียงคำตอบสุดท้ายมากกว่าการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการที่ประกอบด้วยการระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ (Weir, 1974) ทำให้ผู้เรียนขาดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เข้ากับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตจริง

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และทักษะการแก้ปัญหา ผ่านการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม (Hebebe and Usta, 2022; Topsakal *et al.*, 2022) งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศชี้ให้เห็นว่า STEM Education มีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงมนทัศน์ (conceptual understanding) และการคิดขั้นสูง (Fiteriani *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่พบคือ STEM Education บางครั้งมุ่งเน้นการสร้างชิ้นงาน โดยขาดการเชื่อมโยงอย่างมีความหมายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Kapon *et al.*, 2021)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process: EDP) ได้รับการยกย่องว่าเป็นกลไกหลักในการขับเคลื่อน STEM education (Capobianco *et al.*, 2013) เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกการวิเคราะห์ปัญหา การสร้างทางเลือก และการทดสอบแนวทางแก้ปัญหาในบริบทที่สมจริง (Bryan *et al.*, 2015; National Research Council, 2014) งานวิจัยไทยหลายชิ้นยืนยันว่าการบูรณาการ EDP กับกิจกรรมการเรียนรู้สามารถเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและการ

คิดสร้างสรรค์ได้ (Poungraya *et al.*, 2021) นอกจากนี้การศึกษาของ Lertdechapat and Faikhamta (2021) ยังชี้ให้เห็นว่าการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของ EDP ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถสร้างชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ในบริบทจริงได้ดียิ่งขึ้น

ในทำนองเดียวกัน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (5Es) ประกอบด้วย Engage Explore Explain Elaborate และ Evaluate ได้รับการยอมรับว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการสร้างความเข้าใจอย่างมีโครงสร้าง (Bybee, 2010) การบูรณาการ STEM education กับ 5Es จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเชื่อมโยงการเรียนรู้เชิงมนทัศน์กับการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อีกทั้งสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาได้พร้อมกัน (Karamustafaoglu and Pektas, 2023) แต่ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาโดยตรงว่าการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้จะส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไร

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว สามารถระบุช่องว่างการวิจัยได้ 3 ประการ ได้แก่ 1) งานวิจัยด้าน STEM Education ส่วนใหญ่เน้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยไม่ได้วัดกระบวนการของทักษะการแก้ปัญหา (Sutarno *et al.*, 2021) 2) ยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชี้ชัดถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Simeon *et al.*, 2022) และ 3) งานวิจัยในบริบทการศึกษาของไทยยังมีจำกัดในการใช้ STEM education กับ

5Es ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา (Lertdechapat and Faikhamta, 2021; Poungraya *et al.*, 2021)

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM education ร่วมกับ 5Es (STEM+5Es) ในหัวข้อ “การเคลื่อนที่” โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต้องทำภารกิจ “สร้างรถขนส่งสิ่งของ” ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อศึกษาผลใน 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ STEM+5Es ต่อทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีการวิจัย (Methodology)

งานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (one-group pretest-posttest design) ด้วย STEM+5Es เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อ “การเคลื่อนที่”

ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุรินทร์ ข้อมูลประชากรพื้นฐาน ได้แก่ นักเรียนมีอายุระหว่าง 13–14 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง

STEM+5Es: ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน (รวม 10 ชั่วโมง) ประกอบด้วย แผนที่ 1 ตำแหน่งของวัตถุ 2 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้แบบ 5Es ส่วนแผนที่ 2 ระยะทางและการกระจัด 2 ชั่วโมง และแผนที่ 3 การเคลื่อนที่ “รถขนส่งสิ่งของ” 6 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้แบบ STEM โดยเนื้อหาตรงตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังในภาพที่ 1

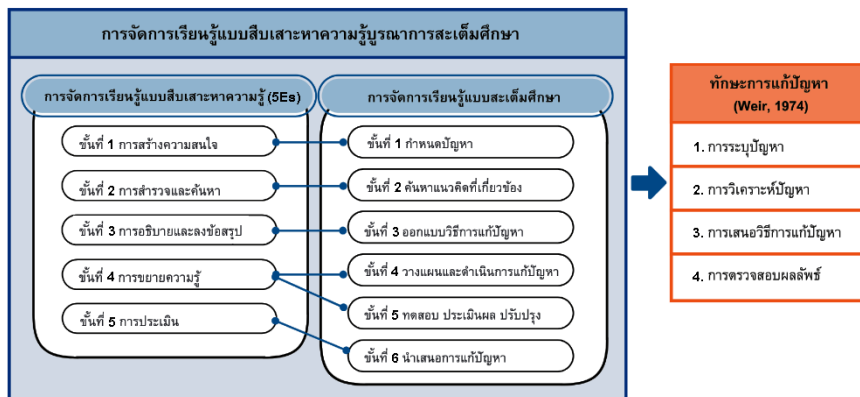


ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ออกแบบโดยให้นักเรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง ออกแบบแนวทางแก้ปัญหา ทดลอง ทดสอบ และปรับปรุงแนวทางอย่างเป็นระบบ ตามแนวทาง STEM+5Es เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดของ Weir (1974) ดังในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ STEM+5Es และทักษะการแก้ปัญหามีโครงสร้างพื้นฐานที่สอดคล้องกัน ต่างกันที่มุมมองการนำเสนอ แต่เมื่อบูรณาการเข้าด้วยกันจะช่วยให้การออกแบบการเรียนรู้มีความครบถ้วนทั้งด้านกิจกรรมปฏิบัติจริงและการประเมินทักษะเชิงกระบวนการคิด สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ต้องการพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาไปพร้อมกัน

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการสอนได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน คำนวณดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (index of item-objective congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67–



ภาพที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ STEM+5Es กับทักษะการแก้ปัญหาตามกรอบของ Weir (1974)

1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

สถานการณ์ที่กำหนด

ครูกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนร่วม

กันวิเคราะห์โดยกำหนดสถานการณ์ดังในภาพที่ 3

“ครอบครัวหนึ่ง มีแม่กับลูกอยู่ด้วยกัน แม่ติดโควิด จึงได้แยกบ้านกันอยู่ ทุกวันลูกจะต้องนำอาหารและยามาส่งให้แม่ แต่ทำให้ได้แค่ขวานไ่ว้ที่รื้อบ้าน แม่ต้องเดินออกจากบ้านเพื่อมารับ จึงอาจเสี่ยงที่เชื้อจะแพร่กระจายให้กับผู้อื่นภายในหมู่บ้านหรือคนที่เดินผ่านเส้นทางดังกล่าวได้ ลูกจึงคิดอยากสร้างรถยนต์ขนาดเล็กเพื่อขนส่งอาหารและยาให้แม่

ดังนั้น ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบรถเพื่อขนส่งสิ่งของ โดยเลือกวัสดุประกอบรถให้เหมาะสม และขนส่งสิ่งของจากประตูรั้วบ้านเข้าไปให้ได้ถึงบริเวณประตูบ้านมากที่สุด ใช้เวลาน้อยที่สุด และไม่ต้องสัมผัสผู้ติดเชื้อ (กำหนดระยะทางจากประตูรั้วถึงหน้าประตูบ้านไม่เกิน 5 เมตร) โดยจำกัดงบประมาณในการเลือกซื้ออุปกรณ์มาสร้างรถ และให้ระบุระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว และความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถที่นักเรียนสร้างขึ้น”

ภาพที่ 3 สถานการณ์ปัญหา “การสร้างรถส่งสิ่งของ” เพื่อใช้ในการออกแบบกิจกรรม STEM+5Es

แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาตามกรอบแนวคิดของ Weir: พัฒนาโดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ Weir (1974) ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหา 2) การวิเคราะห์ปัญหา 3) การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และ 4) การตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นข้อสอบปรนัยสถานการณ์ (scenario-based test) จำนวน 20 ข้อ ที่ออกแบบให้ผู้เรียนใช้ความรู้และเหตุผลในการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงสถานการณ์จริงการตรวจ-

สอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน อยู่ในช่วงระหว่าง 0.67–1.00 ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหา

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่: สร้างขึ้นเพื่อวัด ความรู้และความเข้าใจของนักเรียนในหัวข้อ “การ เคลื่อนที่” ครอบคลุมตัวชี้วัดที่กำหนดในหลักสูตร เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ค่าดัชนี IOC อยู่ในช่วง 0.67–1.00 ตรวจสอบคุณภาพข้อสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คะแนนก่อนและหลังเรียนด้วย สถิติที่แบบจับคู่ (paired sample t -test) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) และแปลผลตามเกณฑ์การตีความค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสหสัมพันธ์ในเชิง การศึกษา

ผลการวิจัย

การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบ paired samples t -test แบบทดสอบแบบปรนัย

ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม รวมทั้งหมด 5 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม รวมข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ โดยแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหา 4 ด้าน ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ (Weir, 1974)

จากตาราง 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนน ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและ หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ STEM+5Es เรื่อง การเคลื่อนที่ พิจารณาแต่ละด้าน ผลการ วิเคราะห์พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทักษะการแก้ปัญหา ในทุกด้านหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้น จากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ ด้านการระบุปัญหา ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.81 เป็น 3.72 ($t = 4.66, p < .05$) ด้านการวิเคราะห์ ปัญหา ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.78 เป็น 3.83 ($t = 6.44, p < .05$) ด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหา ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3.06 เป็น 4.22 ($t = 6.32, p < .05$) และด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ ค่าเฉลี่ยเพิ่ม ขึ้นจาก 2.72 เป็น 4.03 ($t = 7.55, p < .05$) แสดง ให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ STEM+5Es มีผลต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่าง ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รูปแบบ STEM+5Es เรื่อง การเคลื่อนที่ โดยใช้ การทดสอบ paired samples t -test (ตาราง 2) พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนหลังเรียน (ค่าเฉลี่ย = 15.61, SD = 1.87)

สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย = 9.53, SD = 2.29) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($t = 15.32$, $p < .05$) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีประ-

ตาราง 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม STEM+5Es แต่ละด้านคะแนนเต็ม 5 คะแนน ($n = 36$)

ทักษะการแก้ปัญหา	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t -test	p
	mean	SD	mean	SD		
ด้านที่ 1 การระบุปัญหา	2.81 (56.2%)	1.19	3.72 (74.4%)	0.81	4.66*	< .001
ด้านที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหา	2.78 (55.6%)	0.96	3.83 (76.6%)	0.94	6.44*	< .001
ด้านที่ 3 การเสนอวิธีการแก้ปัญหา	3.06 (61.2%)	1.07	4.22 (84.4%)	0.76	6.32*	< .001
ด้านที่ 4 การตรวจสอบผลลัพธ์	2.72 (54.4%)	1.09	4.03 (80.6%)	0.77	7.55*	< .001

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

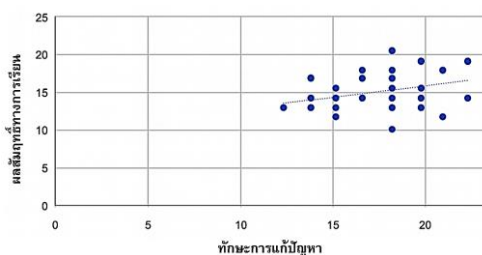
ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม STEM+5Es

ตัวแปร	n	mean	SD	t -test	p
คะแนนก่อนเรียน	36	9.53 (46.75%)	2.29	15.32*	< .001
คะแนนหลังเรียน	36	15.61 (78.05%)	1.87		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนหลังเรียนของทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM+5Es เรื่อง การเคลื่อนที่ (ภาพที่ 6) พบว่า ค่าความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวก ระดับปานกลาง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ($r = .33$, $p < .05$) โดยการเพิ่มขึ้นของคะแนนทักษะการแก้ปัญหามีแนวโน้มสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งด้านทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนหลังเรียนของทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ STEM+5Es เรื่อง การเคลื่อนที่

อภิปรายผล

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STEM+5Es เรื่อง การเคลื่อนที่ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทั้งทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่า

กิจกรรม STEM education ที่ออกแบบโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (EDP) สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหา และประเมินผลได้เป็นระบบมากขึ้น นอกจากนี้จากการติดตามกระบวนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริง ได้คิดค้นคว้าหาความรู้เพื่อแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (constructivism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้จากประสบการณ์ตรงและการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม (Bruner, 1990; Piaget, 1973) และเป็นการพัฒนากระบวนการคิดตามทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) ที่มุ่งเน้นกระบวนการรับรู้ การวิเคราะห์ และการประมวลผลข้อมูลของผู้เรียน (Ausubel, 1968) ตั้งแต่ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข สถานการณ์ ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหานำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนเกิดทักษะด้านการระบุปัญหา ขั้นที่ 2 ค้นหารวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และความรู้ด้านวิศวกรรมเบื้องต้นเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาด้านการวิเคราะห์ปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงาน โดยคำนึงถึงข้อจำกัดตามเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด นักเรียนได้ใช้ทักษะการแก้ปัญหาด้านการเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผลนำไปสู่การวางแผนสร้างชิ้นงานอย่างเป็นระบบและลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เช่น การออกแบบรถขนส่งสิ่งของ โดยนักเรียนได้นำอุปกรณ์ที่กำหนด

มาประกอบกันเป็นชิ้นงาน มีการระดมความคิดกัน เพื่อแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานให้สามารถใช้งานได้ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการวางแผนขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนนำเรื่องใกล้ตัวในชีวิตประจำวันมาประยุกต์ในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานได้ใช้ทักษะการแก้ปัญหาด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ โดยการนำชิ้นงานมาทดสอบตามที่สถานการณ์กำหนดและปรับปรุงหากยังมีข้อแก้ไข และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ของชิ้นงานที่สร้างขึ้น นำเสนอการชิ้นงานและการใช้งาน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่มีกระบวนการและขั้นตอนที่สามารถฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้ดีขึ้น จึงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกวิธีการแก้ปัญหาตามความสามารถและความถนัดในการออกแบบและสร้างชิ้นงานที่หลากหลายรูปแบบ และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นบทเรียนในห้องเรียนได้อย่างดี เช่น การออกแบบรถขนส่งสิ่งของ รถที่นักเรียนออกแบบสามารถเคลื่อนที่ได้ รถเคลื่อนที่ได้เร็ว และรถมีความมั่นคงในการบรรทุก ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนไม่ได้เพียงทำกิจกรรมเชิงประดิษฐ์ แต่ยังเชื่อมโยงหลักการฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น ในขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง นักเรียนได้นำรถขนส่งสิ่งของที่ออกแบบมาทดสอบการเคลื่อนที่ โดยต้องมีการวัดระยะทาง การกระจัด เวลา และคำนวณหาอัตราเร็วและความเร็วในการเคลื่อนที่

ของรถ บางกลุ่มรถขนส่งสิ่งของไม่สามารถเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดสิ้นสุดในช่วงการเคลื่อนที่เดียวได้ นักเรียนจึงแก้ปัญหาโดยการเคลื่อนที่หลายช่วงแทน มีการวัดระยะทางและจับเวลาเป็นช่วง จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ยได้ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่จากการสร้างรถขนส่งสิ่งของที่เคลื่อนที่ได้จริง นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ “รถขนส่งสิ่งของ” ซึ่งนักเรียนต้องออกแบบและสร้าง รถขนส่งสิ่งของตามที่สถานการณ์กำหนดไว้ มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรม แสดงในภาพที่ 7

ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fiteriani *et al.* (2021) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วย STEM education ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามงานดังกล่าวยังไม่ได้แยกวัดทักษะแต่ละด้านเหมือนงานวิจัยนี้ ในทำนองเดียวกัน Topsakal *et al.* (2022) รายงานว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STEM education ส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกันและการแก้ปัญหา ซึ่งสนับสนุนผลการวิจัยนี้ว่าการบูรณาการรายวิชาสามารถส่งผลบวกต่อสมรรถนะหลักได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ให้หลักฐานเพิ่มเติมที่ชัดเจนขึ้น เนื่องจากการเก็บข้อมูลไม่ได้จำกัดเฉพาะคะแนนแบบทดสอบ แต่ยังรวมถึงกระบวนการสร้างสรรค์ผลงานจริงของนักเรียน ซึ่งตอกย้ำว่าการเรียนรู้ STEM+5Es ช่วยพัฒนาทั้งผลลัพธ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ผลวิจัยยังสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Sutarno *et al.* (2021) ที่ชี้ว่าผู้เรียนวิทยาศาสตร์เนื้อหาทางฟิสิกส์จำเป็นต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีโครงสร้างเพื่อพัฒนาจากระดับผู้เริ่มต้น

ไปสู่ผู้เชี่ยวชาญ งานวิจัยนี้เน้นย้ำว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STEM+5Es ช่วยเร่งกระบวนการดังกล่าวโดยทำให้ผู้เรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหาในทุกขั้นตอน ในขณะที่ยวกันข้อกังวลของ Kapon *et al.* (2021) ที่ว่า กิจกรรม STEM บางครั้งอาจกลายเป็นเพียง “งานประดิษฐ์” หากขาดการเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาการ งานวิจัยนี้ได้ปิดช่องว่าง เนื่องจากการออกแบบกิจกรรมเชื่อมโยงโดยตรงกับแนวคิดเนื้อหาทางฟิสิกส์หลัก เช่น ระยะทาง การกระจัด ความเร็ว อัตราเร็ว จากการสังเกตชิ้นงานของนักเรียนในงานวิจัยนี้ ยังพบว่าผู้เรียนสามารถอธิบายการออกแบบของตนเองด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุทำล้อ โดยเชื่อมโยงกับ การเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน หรือการปรับองศาของตัวรถ เพื่อเพิ่มความเร็ว (ภาพที่ 8) ซึ่งเป็นการบ่งชี้ถึงการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย

ในประเทศไทย งานวิจัยของ Pongraya *et al.* (2021) รายงานว่ากิจกรรม STEM ที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหของนักศึกษาครูเคมีอย่างเป็นระบบ ขณะที่ Lertdechapat and Faikhamta (2021) รายงานว่าการออกแบบกิจกรรม STEM ที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของ EDP ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยครั้งนี้ยืนยันและขยายผลดังกล่าว โดยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมัธยมศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงลึกและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปพร้อมกัน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา

การที่พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปานกลางระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($r = .33$) ถือเป็นหลักฐานเชิง

ปัญหาจากสถานการณ์ คือ เมื่อโควิด-19 ระบาดทั่วถึงประชาชน ประชาชนไม่กล้าไปทำงาน

พิชิตชัย/เรียนพี่ จากผลการการ คือ เสนอวิธีที่ระดมความคิด ไม่เหมาะสมและรวดเร็วเกินไป
 ประเด็นข้อนี้ทำให้ไม่ได้ใช้เงินของพวกเราทั้งหมดที่คิด ประเด็นเรื่องข้อที่คิด (เกินภาระ
 ของพวกเรา) จึงขอให้ออกข้ออื่น ไม่เกิน 5 ข้อครับ โดยที่คิดงบประมาณให้รัดกุม
 หรือการลดรายจ่าย

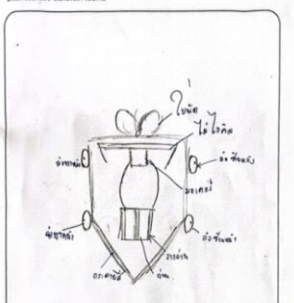
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
แนวคิดในการสร้างร่องลึกของ

ต้องการให้สื่อมวลชนได้เข้าใจว่างานศิลปกรรมของกรมฯ และ วิชา ใด วิชาหนึ่งนั้นจาก
งานในทางศิลปะของ วิชา ใด วิชาหนึ่งนั้นจนเป็นที่มาของงานในแขนงอื่นๆ และช่วยกัน
ผลักดันวิชาวัฒนธรรมทางศิลปะให้มีความเจริญขึ้นได้ และใช้ความรู้ด้านศิลปกรรมเพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

ต้องการให้ล้อหมุนได้จึงใช้ผ้าขัด เนื่องจากมีลักษณะกลม
และใช้ไม้ไผ่ตีเป็นจานรองในการใส่สิ่งของ ใช้ไม้ไผ่ตีเป็น
ขอบที่กั้นไม่ให้ถ่วงอย่างหล่น และหลังรถติดสวิตช์ไฟพร้อม
มอเตอร์ เพื่อให้รถเคลื่อนที่ได้ และใช้กระดาดยัดตกแต่งรถให้
สวยงาม

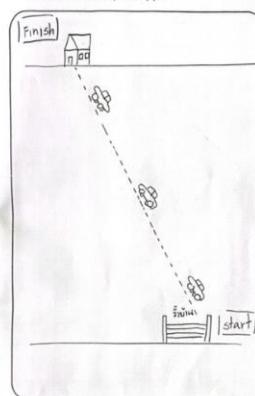
ស្ទឹង 3 ចែកឈរវិញការដឹកជញ្ជូន
របស់ក្រុមហ៊ុន រដ្ឋស្ថាប័ន រដ្ឋ

အကျဉ်းချုပ်အားဖြင့် အောက်ဖော်ပြပါအတိုင်း ဖြစ်ပေါ်လာသည်။



ສູ່ທີ່ ໔ ກະຊວງພະສະຫວີນການ/ປ້ອງກັນ

ไม่มีการเปิดเผยรายละเอียดการดำเนินงานจากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสุดท้าย



วันที่ 5 พฤศจิกายน ๒๕๖๑

นำร่องที่มองที่สร้างผลกระทบตามสถานการณ์ปัญหาที่พบ

.....
.....

ชื่อของนกเรียนศิลปะทางตรงคืออะไร? จงเขียนคำตอบในช่องว่างต่อไปนี้ _____

ช่วงที่	ระยะทาง	เวลาจริง	เวลา	อัตราเร็ว	ความเร็ว
1	2.2 m	2.97 m	4	0.55 m/s	0.5475 m/s
2					
3					
รวม					

សេចក្តីសន្និដ្ឋាននេះ គឺជាផលប៉ះពាល់នៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់អង្គការសហប្រជាជាតិ ដែលមិនមានលក្ខណៈប្រកាសជាផ្លូវការនៃអង្គការសហប្រជាជាតិ។

ขอร่วมใจยึดถือแนวทางที่สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศและสถานทูตทั่วโลก

ชื่อย่อ	ชื่อ	นามสกุล
สสส	สมชาย	สมชาย

สาเหตุที่เป็นไปได้: เพราะใช้ล้อชนิดวิธีจะให้กริ่งแต่ใส่ใบพัดแทน
แนวทางแก้ไข : เปลี่ยนจากใบพัดที่ติดตรงมอเตอร์เป็นล้อที่
กับมอเตอร์

Fig. 4. Schematic diagram of the experimental setup.

รูปที่ 6 แผนแสดงวิธีการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาของนักเรียน

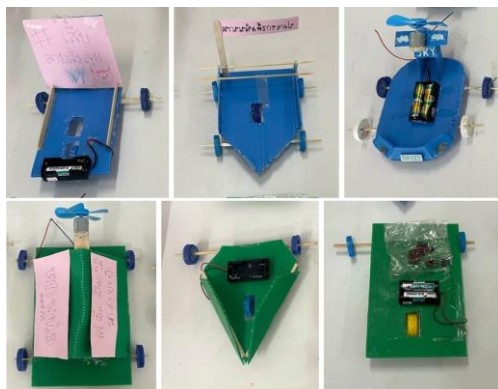
เมื่อเขียนเสร็จเรียบร้อยแล้วให้พิมพ์ลงกระดาษ A4 แล้วนำกระดาษ A4 ไปใส่ซองซองสีน้ำตาล

↓

เมื่อทำตัวเป็นอิสระ และไม่ต้องคอยดูแลรักษา หน้าที่ของพ่อจึงเปลี่ยนไป

16 11 13

เมื่อเปลี่ยนใบพัดที่ติดตรงมอเตอร์เป็นผ่าขวด(ส้อม) ที่ติดตรงล้อ ทำให้รถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น และไปถึงจุดสิ้นสุดได้ไวมาก และส่งของถึงแม่ได้สำเร็จ



ภาพที่ 8 ผลงานนักเรียน การสร้างรถขนส่งสิ่งของ

ประจักษ์ที่สนับสนุนสมมติฐานที่มักถูกกล่าวถึงในงานวิจัยก่อนหน้านี้ แต่ยังไม่ค่อยได้รับการวัดโดยตรง งานวิจัยนี้จึงมีคุณูปการทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดย 1) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ STEM+5Es สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้จริง 2) เติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มุ่งเน้นเพียงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) เสนอรูปแบบการสอนที่ครูสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์และวิชา STEM อื่น ๆ

แม้ว่าผลการวิจัยจะชี้ชัดถึงประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM+5Es แต่ยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณา เช่น การใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียน ทำให้ยังไม่สามารถสรุปเชิงเหตุและผลได้อย่างสมบูรณ์ งานวิจัยในอนาคตควรใช้การออกแบบที่มีกลุ่มควบคุม หรือการวิจัยเชิงผสมผสาน รวมทั้งควรศึกษาติดตามผลในระยะยาว เพื่อประเมินความคงทนของผลการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังควรพัฒนาครูและการออกแบบหลักสูตรที่สนับสนุนการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาในวงกว้างยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ STEM education ร่วมกับ 5Es (STEM+5Es) ในหัวข้อ การเคลื่อนที่ โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต้องทำภารกิจ “สร้างรถขนส่งสิ่งของ” ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ผลการวิจัยพบว่าทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($r = .33, p < .05$)

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM) บูรณาการกับวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมภารกิจ “สร้างรถขนส่งสิ่งของ” สามารถพัฒนาทั้งทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ได้พร้อมกัน อีกทั้งยังเป็นการปิดช่องว่างของงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มุ่งเน้นเพียงผลสัมฤทธิ์เชิงเนื้อหา

ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์: การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es โดยมีการฝึกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ใกล้ตัวนักเรียน เป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชากับชีวิตประจำวันได้ และได้

ฝึกทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีความหมาย สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบการทดลองที่มีกลุ่มควบคุม เพื่อยืนยันผลเชิงเหตุและผลอย่างชัดเจน รวมทั้งศึกษาผลในระยะยาวเพื่อตรวจสอบความคงทนของทักษะและผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ควรขยายหัวข้อวิชาที่ใช้สะสมเดิมศึกษาไปยังเนื้อหาหรือวิชาอื่น ๆ เพื่อทดสอบความครอบคลุมและความยืดหยุ่นของแนวทางนี้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณ คณะอาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ตลอดจนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ที่สละเวลาและให้ความร่วมมือด้วยดี จนทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และงานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขรับรอง UBU-REC-119/2567

เอกสารอ้างอิง

- Ausubel, D. P. (1968). **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bruner, J. (1990). **Acts of Meaning: Four Lectures on Mind and Culture**. Cambridge, MA: Harvard University.
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., and Roehrig, G. H. (2015). **Integrated STEM Education**. New York: Routledge.
- Bybee, R. W. (2010). **The Teaching of Science:**

21st Century Perspectives. Arlington, VA: NSTA Press.

- Capobianco, B. M., Nyquist, C., and Tyrie, N. (2013). Shedding light on engineering design. **Science and Children** 50(5): 58–64.
- Fiteriani, I., Diani, R., and Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? **Journal of Physics: Conference Series** 1796(1): 012058.
- Griffin, P., McGaw, B., and Care, E., Eds. (2012). **Assessment and Teaching of 21st Century Skills**. Dordrecht: Springer.
- Hebebcı, M. T., and Usta, E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. **Participatory Educational Research** 9(6): 358–379.
- Kapon, S., Schwartz, M., and Peer, T. (2021). Forms of participation in an engineering maker-based inquiry in physics. **Journal of Research in Science Teaching** 58(2): 249–281.
- Karamustafaoglu, O., and Pektas, H. M. (2023). Developing students' creative problem-solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. **Education and Information**

- Technologies** 28(6): 7651–7669.
- Lertdechapat, K., and Faikhamta, C. (2021). Engineering design process: A drive of STEM activities. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 12(2): 356–368. (in Thai)
- National Research Council. (2014). **STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research**. USA: The National Academies Press.
- Piaget, J. (1973). **To Understand Is to Invent: The Future of Education**. New York: Grossman.
- Poungraya, K., Nugultham, K., and Wannagate-siri, T. (2021). Development of chemistry teacher students' problem-solving skills through inquiry-based learning integrated with engineering design in STEM activities. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 12(2): 202–216. (in Thai)
- Simeon, M. I., Samsudin, M. A., and Yakob, N. (2022). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. **International Journal of Technology and Design Education** 32(1): 185–212.
- Sutarno, S., Putri, D. H., Risdianto, E., Satriawan, M., and Malik, A. (2021). The students' physics problem-solving skills in basic physics course. **Journal of Physics: Conference Series** 1731(1): 012078.
- Topsakal, I., Yalçın, S. A., and Çakır, Z. (2022). The effect of problem-based STEM education on the students' critical thinking tendencies and their perceptions for problem solving skills. **Science Education International** 33(2): 136–145.
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is every body's problem. **Science Teacher** 4: 16–18.