

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

A CLASSROOM ACTION RESEARCH ON DEVELOPING FIFTH-GRADE STUDENTS'
PROBLEM-SOLVING SKILLS IN THE TOPIC OF FORCE AND MOTION USING
THE ENGINEERING DESIGN PROCESS

ณัฐพล อยู่เป็นสุข¹

Natapon Youpensuk

ชนินันท์ พฤกษ์ประมool²

Chaninan Pruekpramool

Received Date: 31 October 2025

Revised Date: 19 March 2026

Accepted Date: 10 April 2026

บทความวิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา และ 3) นำเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตสังกัฒมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ค่าขนาดของผลด้วยสถิติ Hedges' g รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า

1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้ ($M = 32.03$, $S = 3.58$) สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ($M = 21.47$, $S = 4.12$) 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับสูง ($g = 2.69$) และ 3) แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 แนวทาง ได้แก่ แนวทางที่ 1 การใช้คำถามชี้นำเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการเรียนรู้ แนวทางที่ 2 การจัดกิจกรรมที่กำหนดบทบาทผู้เรียนในทีมอย่างชัดเจน และ แนวทางที่ 3 การส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ทั้งสามแนวทางมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมพัฒนาการด้านทักษะการแก้ปัญหาในทุกองค์ประกอบอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ทักษะการแก้ปัญหา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

¹ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

M.Ed. Student in Science Education, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

Email Address: Natapon.yo@ssru.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,

Asst. Prof. Dr., Department of Science Education, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

Abstract

This study aimed to 1) compare the problem-solving skills of grade 5 students before and after learning through the Engineering Design Process (EDP), 2) examine the effect size of the intervention on students' problem-solving skills, and 3) propose best practices for implementing EDP in science teaching and learning. The target group consisted of 30 Grade 5 students enrolled in the first semester of the 2025 academic year at a demonstration school located in the Dusit District, Bangkok. The participants were selected through purposive selection. The research instruments consisted of 1) science lesson plans employing the Engineering Design Process and 2) a problem-solving skills test. Data were quantitatively analyzed using mean, standard deviation and Hedges' g for effect size, and qualitative data were analyzed using content analysis.

The findings revealed as follows. 1) The students' mean score on problem-solving skills after the intervention ($M = 32.03$, $S = 3.58$) was higher than before the intervention ($M = 21.47$, $S = 4.12$). 2) The effect size was 2.69, which is considered a large effect, indicating that the Engineering Design Process (EDP) was highly effective in enhancing students' problem-solving skills. 3) Three best practices for implementing EDP in science teaching and learning include 1) using guiding reflective questioning throughout the learning process, 2) emphasizing role-oriented collaborative learning, and 3) promoting evidence-based peer critique and iterative improvement among students. These practices effectively fostered students' problem-solving skills development across all components.

Keywords: Problem-solving skills, Engineering Design Process, Classroom Action Research

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 โลกกำลังเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การมีเพียงความรู้ไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน การศึกษาในยุคปัจจุบันจึงต้องมุ่งพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะของผู้เรียนเพื่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ (Global Partnership for Education, 2020) โดยองค์การ World Economic Forum (2016) และ P21 Partnership for 21st Learning (2019) ระบุว่าทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญต่อการทำงานและการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 ขณะที่ Hutchinson (2022) จัดให้เป็นหนึ่งใน 20 ทักษะที่ตลาดแรงงานทั่วโลกต้องการมากที่สุด สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสำคัญด้านการคิดและการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551; กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) ทักษะการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางปัญญาที่อาศัยการสังเกต การวิเคราะห์ การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบแนวทางแก้ไข (Polya, 1971; Weir, 1974) ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบค้นและการทดลอง (Carin, 1997) โดยเฉพาะในช่วงวัยประถมศึกษาที่ผู้เรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาเริ่มเข้าสู่ระดับคิดเชิงรูปธรรมและนามธรรม (Piaget, 1962) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากชี้ว่านักเรียนระดับประถมศึกษายังขาดทักษะการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนยังคงเน้นการสาธิตโดยครูเป็นหลัก ผู้เรียนมีบทบาทเพียงผู้สังเกตและรับฟัง (Hmelo-Silver, 2004; İnci Kuzu, 2021 OECD, 2018; จิตลดา รักน้อย และวรวิมล มั่นสุขพล, 2565; ปิยธิดา อินทรักษาทรัพย์, 2566; เพียงขวัญ แก้วเรือง, วิไลลักษณ์ ลังกา และอรอุมา เจริญสุข, 2565) ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน หรืออธิบายเหตุผลได้ด้วยตนเอง สะท้อนถึงความจำเป็นในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในฐานะสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

การส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหามีต้องอาศัยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญหลายประการ ได้แก่ การฝึกฝนกระบวนการคิด การสร้างสถานการณ์ท้าทายใกล้ตัว การกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดค้นแนวทางการแก้ปัญหามีเหตุผล การลงมือปฏิบัติจริง การตั้งสมมติฐาน การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปิดกว้าง และการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการตีความและประเมินผล (Weir, 1974; ปาลิตา สุขสำราญ และ วาริรัตน์ แก้วอุไร, 2562) แนวทางดังกล่าวปรากฏในรูปแบบการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาทักษะการแก้ปัญหามากหลาย เช่น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) (Barrows, 1986; Hmelo-Silver, 2004) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) (Johnson and Johnson, 2009) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) (Pedaste et al., 2015; พัชรา พลเยี่ยม และปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2567) อย่างไรก็ตาม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) ได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญห เนื่องจากมีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง (Museum of Science, 2007; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; สุธิดา การมี, 2560) ทั้งนี้ งานวิจัยในบริบทไทยจำนวนมาก โดยเฉพาะงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหและสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ (นิตยา หัสมินทร์ และคณะ, 2563; ชุติกานต์ เอี้ยวเล็ก, 2566) ทั้งนี้ แต่ละขั้นของ EDP สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหทั้ง 4 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้แก่ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การสืบค้นและกำหนดสมมติฐาน และการตรวจสอบการแก้ปัญหได้อย่างเป็นระบบ กล่าวคือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Problem Identification) ช่วยพัฒนาองค์ประกอบการระบุปัญหา โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์จริง ตั้งคำถาม และจำแนกประเด็นสำคัญของปัญหา (Kolodner et al, 2003; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search) สอดคล้องกับองค์ประกอบการนิยามปัญหา ผ่านการค้นคว้าและการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงลึก (Hmelo-Silver, 2004) ขั้นที่ 3 การออกแบบแนวทางการแก้ปัญห (Solution Design) เชื่อมโยงกับองค์ประกอบการสืบค้นและกำหนดสมมติฐาน ผ่านการสร้างแนวทางและคาดคะเนผลลัพธ์ของการแก้ปัญหามีเหตุผล (สุกัญญา แซ่ลี,

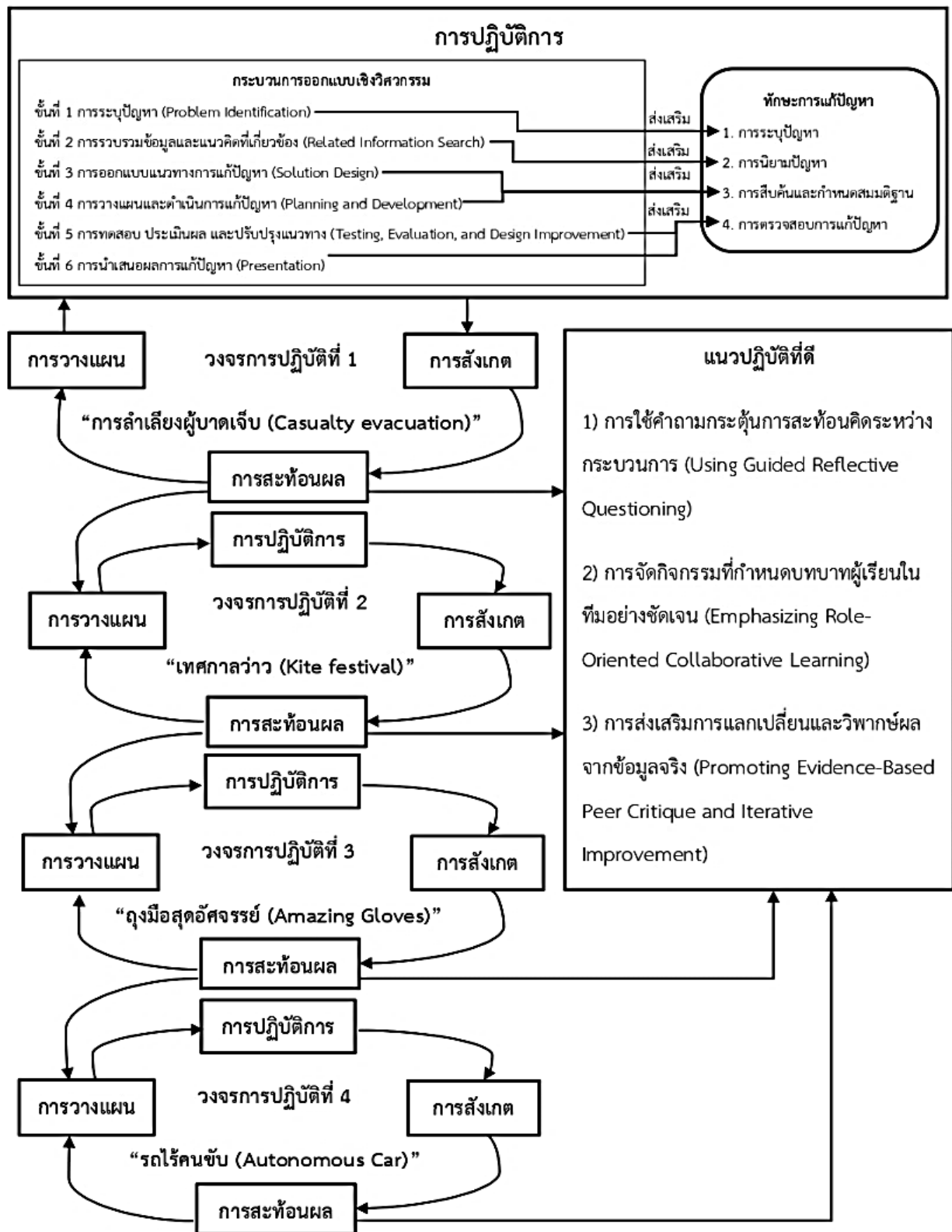
2562) ส่วนขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นกระบวนการสนับสนุนที่พัฒนาแนวคิดเชิงระบบและทักษะการทำงานร่วมกัน (Museum of Science, 2007) ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแนวทาง (Testing, Evaluation, and Design Improvement) สอดคล้องกับองค์ประกอบการตรวจสอบการแก้ปัญหา โดยผู้เรียนทดลอง วิเคราะห์ และปรับปรุงแนวทางให้เหมาะสมมากขึ้น (Kolodner et al., 2003) และขั้นที่ 6 การนำเสนอผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการสะท้อนคิดและตรวจสอบตนเองผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สอดคล้องกับงานของ Kolodner et al. (2003) ที่ชี้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางที่ให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและตรวจสอบได้ด้วยตนเองเหมาะสมต่อการพัฒนาผู้เรียนระดับประถมศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างแท้จริง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหา ลงมือปฏิบัติ และสะท้อนผลจากข้อมูลเชิงประจักษ์ สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ (Hmelo-Silver, 2004) โดยเฉพาะงานด้าน STEM และการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการระบุปัญหา การออกแบบแนวทาง และการตรวจสอบผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับประถมศึกษา หลายงานวิจัยชี้ตรงกันว่า ผู้เรียนมักมีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยมีความเชื่อว่าแรงมีบทบาทเฉพาะเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ หรืออธิบายการเคลื่อนที่ด้วยสามัญสำนึกมากกว่าหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Dykstra and Sweet, 2009; Kruger et al., 1990; Narjaikaew, 2013) และแม้แต่ครูประถมศึกษาก็ยังพบความเข้าใจที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางฟิสิกส์จำนวนมาก ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้อาจเป็นการบอกความรู้หรือการสาธิต มากกว่าเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดสอบแนวคิดด้วยตนเอง จากการศึกษา สามารถระบุช่องว่างขององค์ความรู้ได้ว่า ยังขาดงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในระดับประถมศึกษาที่ออกแบบกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ และศึกษาพัฒนาการของทักษะการแก้ปัญหาในตามองค์ประกอบภายใต้บริบทห้องเรียนจริง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พร้อมทั้งมุ่งศึกษาค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้อย่างได้กระบวนการ วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ที่มีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้น ได้แก่ การวางแผน การปฏิบัติการ การสังเกต และการสะท้อนผล ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (2014) ซึ่งแตกต่างจากการวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งควบคุมตัวแปรเพื่อสรุปผลเชิงเปรียบเทียบเป็นหลัก โดยผู้วิจัยมีบทบาทเป็นครูผู้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริง สามารถออกแบบกิจกรรม ปรับปรุงกระบวนการ และพัฒนาบทบาทการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับพัฒนาการและปัญหาจริงของผู้เรียนในแต่ละรอบการเรียนรู้ ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งกับการศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะเชิงกระบวนการที่ต้องอาศัยการสังเกตพฤติกรรม การสะท้อนผล และการปรับกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน และก่อให้เกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (2014) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยสำรวจปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “แรงและการเคลื่อนที่” ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการสัมภาษณ์ การสังเกต พฤติกรรมการเรียนรู้ และการวิเคราะห์ผลแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน หรืออธิบายเหตุผลได้อย่างเป็นระบบ ตัวอย่างเช่น นักเรียนอธิบายคำตอบโดยอาศัยความเชื่อส่วนตัว มากกว่าข้อมูลจากสถานการณ์ และคะแนนทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียนยังไม่สูงมากนักซึ่งจำเป็นต้องพัฒนานักเรียนในประเด็นนี้ จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาวางแผนและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 4 แผน เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้แก่ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การสืบค้นและกำหนดสมมติฐาน และการตรวจสอบการแก้ปัญหา ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแผนดังกล่าวไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ในโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตดุสิต ดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 หน่วย ใช้เวลาเรียนหน่วยละ 4 คาบ คาบละ 60 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนและดำเนินกิจกรรมด้วยตนเอง ขั้นการสังเกต (Observe) ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เก็บข้อมูลจากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา (ก่อน-หลังเรียน) เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของผู้เรียน และขั้นการสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยร่วมกับผู้สังเกตได้สะท้อนและวิเคราะห์ผลการดำเนินการในแต่ละรอบเพื่อหาปัญหา อุปสรรค และแนวทางปรับปรุง แล้วนำข้อค้นพบมาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นก่อนเข้าสู่วงจรถัดไป การวิจัยนี้ดำเนินการครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการเพื่อค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นโรงเรียนสหศึกษา กลุ่มเป้าหมายได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) จากนักเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียน รวม 90 คน โดยพิจารณาจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ผลแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและการสัมภาษณ์ พบว่า มีห้องเรียนหนึ่งที่นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการแสดงออกซึ่งทักษะการแก้ปัญหาในด้านการระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการอธิบายเหตุผล ผู้วิจัยจึงเลือกห้องเรียนดังกล่าวจำนวน 30 คน เป็นกลุ่มเป้าหมายในการในการวิจัยนี้

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตัวแปรตาม : ทักษะการแก้ปัญหา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) และแนวทางการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหามาตามแนวคิดของ Weir (1974) จำนวน 4 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 การลำเลียงผู้บาดเจ็บ นักเรียนจำลองสถานการณ์การลำเลียงผู้บาดเจ็บจากพื้นที่ประสบภัยพิบัติ โดยใช้ยานพาหนะที่ออกแบบเองเพื่อเคลื่อนที่ผ่านเส้นทางจำลอง ที่มีความซับซ้อน เงื่อนไข คือ นักเรียนเลือกวัสดุได้ 2 ชนิดจากรายการที่กำหนด ใช้แรงจากเชือกและเครื่องขึงสปริงใน

การเคลื่อนที่และต้องควบคุมให้การล้าเลียงไม่ล้ม ผู้บาดเจ็บไม่ตก แผนที่ 2 เทศกาลว่าว นักเรียนได้รับมอบหมายให้ออกแบบและสร้างว่าวที่สามารถลอยขึ้นได้สูงและอยู่กลางอากาศได้นาน โดยใช้วัสดุและเวลาที่จำกัด เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันในงานเทศกาลว่าวของโรงเรียน เงื่อนไข คือ ว่าวต้องลอยได้สูงอย่างน้อย 3 เมตร นานไม่น้อยกว่า 3 นาที ใช้วัสดุในการสร้างไม่เกิน 2 ชนิด จากรายการที่กำหนดและออกแบบโดยคำนึงถึง น้ำหนัก โครงสร้าง และแรงลม แผนที่ 3 ถังมือสุดอัจฉริยะ ใช้สถานการณ์จำลอง ในปี ค.ศ. 3024 เมืองดิมิเทอร์ซึ่งเป็นดินแดนเกษตรกรรมสุดท้ายของโลกเกิดเหตุบ่อน้ำมันพีชรั่วไหลลงในยู่งฉาง ทำให้ผลไม้อันจำนวนมากปนเปื้อนน้ำมัน นักเรียนต้องออกแบบถังมือเพื่อใช้ในการเก็บผลไม้ เงื่อนไข คือ ออกแบบถังมือโดยใช้วัสดุที่กำหนด มีเวลาในการปฏิบัติ 3 นาทีต้องกอบกู้ผลไม้ให้ได้มากที่สุด แต่ละทีมเลือกผู้ปฏิบัติภารกิจได้ 1 คน และแผนที่ 4 รถไร้คนขับ นักเรียนออกแบบรถไร้คนขับที่สามารถหยุดในตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ ภายใต้บริบทของการใช้แรงเสียดทานอย่างเหมาะสม โดยจำลองสนามทดลองที่แบ่งเป็นพื้นที่ให้คะแนน และทดสอบรถภายใต้เงื่อนไข คือ รถต้องเริ่มจากจุดปล่อยเดียวกันบนพื้นเอียง รถต้องหยุดในพื้นที่เป้าหมาย (แดง 50 แต้ม, เขียว 30 แต้ม, ฟ้า 10 แต้ม) ได้ทดสอบ 3 ครั้ง คะแนนรวมสูงสุดเป็นผู้ชนะ โดยผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา (Index of Consistency: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่าเครื่องมือมีความสอดคล้องตามเกณฑ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอ้างอิงแนวคิดของ Weir (1974) ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ คือ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การสืบค้นและกำหนดสมมติฐาน และการตรวจสอบการแก้ปัญหา แบบวัดมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 20 ข้อ (สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวม 5 สถานการณ์) ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่า IOC ระหว่าง 0.67–1.00 และตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในระดับสูง เหมาะสมต่อการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data Analysis)

ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาในภาพรวมและรายองค์ประกอบ พร้อมคำนวณค่าดัชนีขนาดของผล (Effect Size) ตามสูตรของ Hedges' g เพื่อประเมินระดับของผลการพัฒนา โดยอิงเกณฑ์การแปลผลของ Cohen (1988) ที่แบ่งระดับขนาดของผลเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ (0.20–0.49) ปานกลาง (0.50–0.79) และสูง (≥ 0.80)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data Analysis)

ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างกิจกรรมและบันทึกลงในแบบบันทึกผลหลังการสอนของผู้วิจัย วิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในการแก้ปัญหาในแต่ละองค์ประกอบ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดหมวดหมู่ (Coding) ตามประเด็นที่สะท้อนพัฒนาการของผู้เรียนในแต่ละวงจร และนำมาสังเคราะห์ร่วมกับผลเชิงปริมาณเพื่ออธิบายแนวโน้มการพัฒนาและสรุปเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practices) ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิจัย

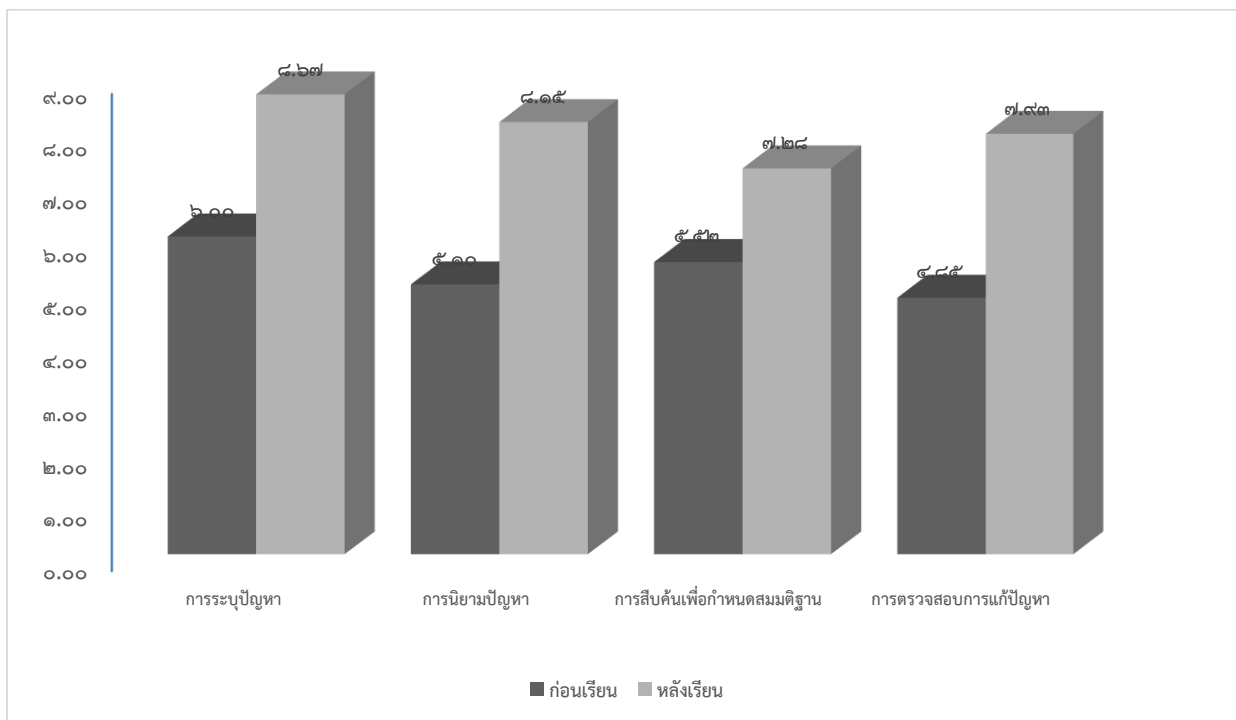
1. ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เพื่อตอบจุดประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($M=32.03$, $S = 3.58$) สูงวก่อนเรียน ($M=21.47$, $S = 4.12$) เมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 ด้าน พบว่าทุกองค์ประกอบมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2) โดยหลังเรียนองค์ประกอบ การระบุปัญหา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($M = 8.67$, $S = 0.88$) รองลงมาคือ การนิยามปัญหา ($M = 8.15$, $S = 0.95$) การตรวจสอบการแก้ปัญหา ($M = 7.93$, $S = 0.98$) และ การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ($M = 7.28$, $S = 0.90$) ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

เพื่อตอบจุดประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าขนาดของผล (Effect Size) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้นี้มีค่าขนาดของผลในระดับสูง ทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ทักษะการ แก้ปัญหา	n	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			Effect size (Hedges'g)	แปล ผล
			M	95%CI	S	M	95%CI	S		
1. การระบุ ปัญหา	30	10	6.00	(5.55, 6.45)	1.25	8.67	(8.36, 8.98)	0.88	2.47	สูง
2. การนิยาม ปัญหา	30	10	5.10	(4.70, 5.50)	1.12	8.15	(7.81, 8.49)	0.95	2.94	สูง
3. การสืบค้นเพื่อ กำหนด สมมติฐาน	30	10	5.52	(5.14, 5.90)	1.05	7.28	(6.96, 7.60)	0.90	1.80	สูง
4. การตรวจสอบ การแก้ปัญหา	30	10	4.85	(4.46, 5.24)	1.08	7.93	(7.58, 8.28)	0.98	2.99	สูง
ทักษะการ แก้ปัญหาโดย ภาพรวม	30	40	21.47	(20.00, 22.94)	4.12	32.03	(30.75, 33.31)	3.58	2.69	สูง



ภาพ 2 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหา ก่อน-หลังเรียน ตามองค์ประกอบ

2. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ผลการดำเนินการวิจัยตลอด 4 วงจรปฏิบัติการ พบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ (Using Guided Reflective Questioning) แนวทางดังกล่าวค้นพบจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 สถานการณ์เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ โดยในระหว่างเรียนพบว่านักเรียนยังขาดการสะท้อนคิดกันภายในกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มที่ยังทำภารกิจไม่สำเร็จ ครูจึงมีการใช้คำถามกระตุ้นในระหว่างการทดลอง ได้แก่ “ตอนนี้เรากำลังเจอกับปัญหาอะไร” หรือ “เราจะปรับปรุงอย่างไรให้ดีขึ้น” ซึ่งผลจากวงจรที่ 1 พบว่านักเรียนไม่ได้รับสาเหตุของปัญหาที่ชัดเจน เมื่อนำไปใช้ในวงจรที่ 2 สถานการณ์เรื่อง เทศกาลวาว ครูได้ใช้ชุดคำถามเพิ่มเติม จากคำถามแรก ได้แก่ “นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้น” และนำไปใช้ในวงจรที่ 3 และ 4 พบว่าคำถามช่วยให้นักเรียนสามารถระบุและนิยามปัญหา สาเหตุ คาดคะเนแนวทางแก้ไข รวมถึงตรวจสอบผลได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะเมื่อผู้เรียนได้รับโอกาสทดสอบและปรับปรุงซ้ำในแต่ละรอบ ก่อให้เกิดกระบวนการคิดสะท้อนอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาครบทั้ง 4 องค์ประกอบอย่างเป็นธรรมชาติ

แนวทางที่ 2 การจัดกิจกรรมที่กำหนดบทบาทผู้เรียนในทีมอย่างชัดเจน (Emphasizing Role-Oriented Collaborative Learning) แนวทางดังกล่าวค้นพบจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการที่นักเรียนบางกลุ่มมีข้อขัดแย้งกันในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ ดังตัวอย่างข้อความจากการสนทนากลุ่มหนึ่ง “เราว่าควรใช้ไม้ไอศกรีมเป็นฐานรถ” ขณะที่อีกคนพูดว่า “ใช้ฝาขวดน่าจะแข็งแรงกว่าและเบากว่า” ครูจึงทำการทบทวนบทบาทของสมาชิกแต่ละคน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและการยอมรับร่วมกัน โดยครูกล่าวว่า “ก่อนที่จะเราจะเริ่มสร้างจริง ๆ ครูอยากให้แต่ละคนในทีมลองทบทวนบทบาทของตัวเองนะครับ ว่าใครทำหน้าที่อะไร แล้วแต่ละบทบาทมีหน้าที่ช่วยตัดสินใจเรื่องไหน เช่น ใครเป็นคนควบคุมยานพาหนะ ใครจดบันทึกแรงจากเครื่องซัง ใครสังเกตผล ใครดูเวลา ใครคอยสนับสนุน ถ้าเราเข้าใจหน้าที่กันชัด เราจะร่วมกันตัดสินใจได้ง่ายขึ้นครับ” หลังจากนั้น สมาชิกในทีมเริ่มแสดงบทบาทของตนอย่างชัดเจน ผลจากวงจรที่ 1 พบว่า

นักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองเป็นอย่างดีและยังมีการร่วมกันวางแผนเชิงกลยุทธ์ และนำไปดำเนินการต่อในวงจรที่ 2 พบว่า มีนักเรียนได้รับมอบหมายให้เป็นผู้จัดบันทึกระดับความสูงของวาวกลับนั่งนิ่งและไม่แสดงบทบาทใด ๆ ครูจึงเข้าไปพูดคุยกับกลุ่ม เพื่อสะท้อนความสำคัญของบทบาทแต่ละคน โดยกล่าวว่า “ทุกคนในทีมมีหน้าที่สำคัญนะครับ ถ้าไม่มีคนบันทึกความสูงเราก็ไม่รู้วาวกลับของเราลอยสูงพอไหม หรือเปรียบเทียบกับแบบอื่นได้อย่างไร เพราะฉะนั้นบทบาทของเราไม่ได้แค่ นั่งจดอย่างเดียว แต่เป็นคนช่วยทีมตัดสินใจจากข้อมูลจริงที่เราสังเกตได้ด้วยนะครับ เราลองช่วยกันดูอีกครั้งนะ” การพูดคุยกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงหน้าที่ของตนเอง ส่งผลให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนข้อมูล คิดวิเคราะห์ และตัดสินใจร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้นำไปใช้กับวงจรที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าการมอบหมายบทบาทหน้าที่ในทีมคือ ผู้ออกแบบ ผู้ปฏิบัติการ ผู้บันทึกข้อมูล และผู้สังเกตการณ์ ทำให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบ เข้าใจบทบาท และตระหนักถึงความสำคัญของผู้อื่นในทีม การสื่อสารและตัดสินใจร่วมกันภายใต้บทบาทเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุปัญหานิยามสาเหตุ เสนอสมมติฐานใหม่ และตรวจสอบแนวทางแก้ปัญหาผ่านการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ

แนวทางที่ 3 การส่งเสริมการแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง (Promoting Evidence-Based Peer Critique and Iterative Improvement) แนวทางดังกล่าวค้นพบจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ฤกษ์มอสุดอัศจรรย์ พบว่านักเรียนมีการโต้แย้งกันในกลุ่มขณะเตรียมนำเสนอชิ้นงานว่าผลงานของตน “ประสบความสำเร็จ” หรือไม่ ครูจึงเข้าไปพูดคุยกับกลุ่มและกล่าวว่า “ในขั้นตอนนี้ เราไม่ได้ต้องแนะนำเสนอว่าเราทำได้ดีหรือไม่ดีนะครับ แต่เราควรอธิบายว่า เราได้เรียนรู้อะไรจากผลการทดลองจริง และเราจะพัฒนาอะไรต่อ ถ้าเรามีเวลาอีกสักรอบ ครูอยากให้ทุกคนลองดูข้อมูลจากรอบล่าสุดเวลาในการปฏิบัติ จำนวนผลไม้ที่หยิบได้ เปรียบเทียบกับรอบก่อนหน้า แล้วช่วยกันตัดสินใจว่า ถ้าเราอยากทำให้ดีขึ้นอีกเราจะปรับอะไร และทำไปถึงคิดแบบนั้น” คำถามของครูส่งผลให้นักเรียนหันกลับไปวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นรูปธรรมแทนการโต้แย้งจากความรู้สึก กลุ่มจึงตัดสินใจนำเสนอผลการทดลองเดิม พร้อมเสนอแนวทางพัฒนาเพิ่มเติมอย่างมีเหตุผล ซึ่งแสดงออกถึงการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และในไปใช้วงจรที่ 4 พบว่า ในระหว่างทดลองชิ้นงานมีประเด็นคำถามเกิดกับนักเรียนระหว่างกลุ่มโดยเมื่อครูได้อินบทยสนทนาดังกล่าว จึงชวนให้นักเรียนทั้งห้องแลกเปลี่ยนประเด็นร่วมกัน แม้นักเรียนจะไม่มีข้อขัดแย้งหรือปัญหาในการดำเนินกิจกรรมภายในกลุ่มเหมือนในวงจรก่อนหน้า แต่การออกแบบให้มีการวิพากษ์ระหว่างกลุ่มโดยใช้ข้อมูลจริงเป็นฐาน เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยแนวทางที่ 3 การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและวิพากษ์ผลการทดลองของตนเองและของกลุ่มอื่นบนพื้นฐานของข้อมูลจริง ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง มองเห็นจุดแข็งจุดอ่อนของแนวทางเดิมและสามารถกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางปรับปรุงใหม่อย่างมีเหตุผล การใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์แทนการคาดเดาทางความรู้สึก

โดยสรุป ทั้งสามแนวปฏิบัติสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษาได้อย่างเป็นองค์รวม ผ่านการสะท้อนคิดอย่างต่อเนื่อง การทำงานร่วมกันอย่างมีบทบาท และการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากผลการปฏิบัติจริง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และตรวจสอบการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

อภิปรายผล

ประเด็นที่ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผลมี 3 ประเด็น คือ

ประเด็นอภิปรายที่ 1 ผลการเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งในภาพรวมและรายองค์ประกอบ แสดงให้เห็นว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการในชั้นการระบุและนิยามปัญหา การนำเสนอสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง คือ การจัดการลำเลียงผู้บาดเจ็บหรือการประดิษฐ์ว่า ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์บริบท ตีความขอบเขตของปัญหา และนิยามสิ่งที่ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล โดยโจทย์ปัญหาที่มีความหมายและเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงช่วยกระตุ้นแรงจูงใจและการคิดวิเคราะห์เชิงลึกในการนิยามปัญหา (Akben, 2020) ขั้นการรวบรวมข้อมูลและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา ส่งเสริมการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน นักเรียนได้ฝึกตั้งข้อสงสัยและคาดคะเนผลลัพธ์จากข้อมูลจริง เช่น การทดลองแรงเสียดทานกับวัสดุต่าง ๆ เพื่อกำหนดแบบจำลองหรือรถจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Hmelo-Silver (2004) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้ผ่านการสืบค้นในบริบทจริงช่วยพัฒนา “การเรียนรู้ที่มีความหมาย” และสนับสนุนการสร้างสมมติฐานที่มีคุณภาพ ขั้นการวางแผน ดำเนินการ และทดสอบ เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้นำสมมติฐานไปทดลองจริง ผ่านการวางแผน การจัดการบทบาทในทีม และการประเมินผลเบื้องต้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดเชิงระบบและความร่วมมือ ผลสอดคล้องกับ Ayaz and Sarikaya (2021) ที่พบว่าการเรียนรู้แบบออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมการคิดเชิงกลยุทธ์และการตรวจสอบผลด้วยตนเอง ขั้นการประเมินและนำเสนอผลงาน ช่วยเสริมการตรวจสอบและสะท้อนการแก้ปัญหา นักเรียนต้องอธิบายแนวคิด วิธีการ และข้อจำกัดของตนเอง รวมถึงรับข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวทางที่เลือกใช้ สอดคล้องกับ Kolodner et al. (2003) และ Eisenkraft et al. (2019) ที่ระบุว่าทำให้ผู้เรียนทดสอบและนำเสนอแนวคิดด้วยตนเองช่วยเสริมความเข้าใจเชิงลึกและทักษะการประเมินตนเอง

นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์และสามารถระบุปัญหาได้อย่างมีเหตุผล โดยเฉพาะในขั้นการทดสอบและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา และการนำเสนอผลการแก้ปัญหา ซึ่งครูใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนทบทวนสาเหตุของผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ในกิจกรรมการลำเลียงผู้บาดเจ็บ และเทศกาลว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของการควบคุมแรงและแบบของว่าวได้อย่างเป็นเหตุผล ขณะที่กิจกรรมรถจำลองสุดอัจฉริยะ และรถไร้คนขับ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากผลการทดลองจริงและข้อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไปสู่การระบุปัญหาอย่างแม่นยำ พัฒนาการดังกล่าวเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เผชิญข้อจำกัดและผลลัพธ์ด้วยตนเอง ภายใต้การสนับสนุนของครูที่ตั้งคำถามสะท้อนคิด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Weir (1974) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีคุณภาพเมื่อผู้เรียนเผชิญปัญหาจริงและมีแรงจูงใจในการวิเคราะห์ปัญหา ผลนี้ยังสอดคล้องกับ Kotseva (2019) ที่พบว่านักเรียนประถมมีแนวโน้มกลับไปวิเคราะห์และระบุปัญหาใหม่เมื่อแนวทางเดิมไม่สำเร็จ แสดงถึงการคิดแก้ปัญหาเชิงโครงสร้าง โดยการใช้ข้อมูลจริงร่วมกับคำถามของครูช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนและตั้งคำถามใหม่เพื่อระบุปัญหาได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น (Şahin, 2021) ขณะเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Şahin (2021) เนื่องจากการตั้งสมมติฐานเป็นกระบวนการคิดเชิงนามธรรมที่ต้องอาศัยทักษะการสังเกต วิเคราะห์ และเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่ง ผู้เรียนระดับประถมมักขาดประสบการณ์ในการแยกแยะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และยังไม่สามารถอ้างอิงข้อมูลเพื่อสนับสนุนสมมติฐานได้อย่างเป็นระบบ แม้กิจกรรมจะเปิดโอกาสให้นักเรียนทดลองและตั้งข้อคาดคะเน เช่น ขั้นตอนการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในกิจกรรมรถจำลองสุดอัจฉริยะ หรือการทดลองแรงเสียดทานในกิจกรรมรถไร้คนขับ แต่การฝึกตั้งสมมติฐานยังไม่เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นเฉพาะด้าน จึงทำให้พัฒนาการในองค์ประกอบนี้ยังไม่ชัดเจน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Jonassen (2000) ที่ระบุว่าผู้เรียนมักประสบปัญหาในการสร้างสมมติฐานหากไม่ได้รับแนวทางที่ชัดเจน

ประเด็นอภิปรายที่ 2 การศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหา มีขนาดของผลสูงที่สุด สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ผ่านการทดลอง การแลกเปลี่ยนข้อเสนอนะ และการสะท้อนคิดร่วมกัน ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการประเมินและปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะแนวทางที่ 3 การแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ช่วยให้นักเรียนใช้ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเพื่อพัฒนาชิ้นงานอย่างมีระบบ ขณะที่แนวทางการใช้คำถามสะท้อนคิดและการทำงานเป็นทีมมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการประเมินผลด้วยเหตุผล ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Weir (1974) ที่อธิบายว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนประเมินผลการปฏิบัติของตนเอง โดยกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ทดลองซ้ำและรับข้อเสนอแนะจากเพื่อนช่วยพัฒนาแนวความคิดออกแบบได้ชัดเจน (Kotseva, 2019) ทั้งนี้ การจัดกิจกรรม STEM ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างต่อเนื่องช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ด้านการคิดแก้ปัญหา โดยเฉพาะการประเมินและปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหา (Öndes, 2025) ในทางกลับกัน องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน มีขนาดของผลต่ำที่สุด แม้อยู่ในระดับสูง แต่สะท้อนข้อจำกัดของผู้เรียนระดับประถมซึ่งยังขาดประสบการณ์ในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงนามธรรม การตั้งสมมติฐานจึงต้องได้รับการชี้แนะเพิ่มเติม สอดคล้องกับ Lin et al. (2021) ที่ยืนยันว่าการพัฒนาทักษะสมมติฐานต้องอาศัยการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) ในช่วงต้นของกิจกรรม อย่างไรก็ตามค่าขนาดของผลในงานวิจัยนี้มีค่าสูงทั้งโดยภาพรวมและองค์ประกอบอาจเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนน้อยและความแปรปรวนของคะแนนต่ำ ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ต่ำส่งผลให้ค่าขนาดของผลมีค่าสูง (Maxwell et al., 2008) รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนอาจมีผลเสริมทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจและมีส่วนร่วมในการเรียนสูงขึ้น (Roorda et al., 2011) นอกจากนี้ในการเรียนรู้นักเรียนได้ผ่านการทำซ้ำ และกระตุ้นจากครูอย่างต่อเนื่องซึ่งอาจส่งผลต่อความตั้งใจในการตอบคำถามทำให้คะแนนหลังเรียนต่างจากก่อนเรียนมากทำให้ขนาดของผลมีค่าสูง

ประเด็นอภิปรายที่ 3 แนวปฏิบัติที่ดีของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ผลการวิจัยชี้ว่าแนวปฏิบัติที่ดีทั้ง 3 แนวทางภายใต้กรอบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในทุกองค์ประกอบ โดยเฉพาะในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งยังต้องอาศัยการชี้แนะเชิงกระบวนการที่ชัดเจน

แนวทางที่ 1 การใช้คำถามชี้นำเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการเรียนรู้ มีบทบาทสำคัญที่สุดในการส่งเสริมการคิดย้อนกลับ วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และตรวจสอบแนวทางที่ใช้จริงในสถานการณ์จำลอง ครูใช้คำถามชี้นำในชั้นวางแผน ทดลอง และนำเสนอ เพื่อให้นักเรียนระบุและนิยามปัญหาได้จากผลลัพธ์จริง รวมถึงพัฒนาการตั้งสมมติฐานและการประเมินผลอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ศิริินภา คำหล้าทราย และลือชา ลดาชาติ (2565) ที่ระบุว่า การสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และความเข้าใจเชิงแนวคิดอย่างลึกซึ้ง สามารถอธิบายได้ด้วยกรอบแนวคิดด้านอภิปญญา (Metacognition) ซึ่งเน้นการตระหนักรู้และควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง โดยพบว่าเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมสะท้อนคิดผ่านคำถามเชิงชี้นำ จะเกิดการตรวจสอบแผนการแก้ปัญหา การปรับแนวคิด และการประเมินผลการทดลองที่ดีขึ้น (Gillies et al., 2012)

แนวทางที่ 2 การเรียนรู้แบบมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงหน้าที่ของตนในกระบวนการแก้ปัญหา ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูล แบ่งบทบาท และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเชิงเหตุผล ส่งผลให้พฤติกรรมหรือนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบแนวทางเป็นระบบมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดความคลุมเครือของการทำงานกลุ่ม ผลนี้สอดคล้องกับ Deehan et al. (2025) ที่ชี้ว่าการจัดบทบาทเฉพาะในทีม STEM ช่วยพัฒนาความรับผิดชอบร่วม การคิดวิเคราะห์ และการวางแผนเชิงกลยุทธ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีฐานคิดทางทฤษฎีจาก Social Interdependence Theory ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ระบุว่า การจัดบทบาทและโครงสร้างที่ชัดเจนช่วยให้สมาชิกใน

ทีมเกิดปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมกัน ส่งผลให้มีการแบ่งงาน การอภิปรายและสนับสนุนซึ่งกันและกัน รวมถึงการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Johnson et al., 2006)

แนวทางที่ 3 การส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้หลักฐานจากผลลัพธ์จริงในการอภิปรายและปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล การเปรียบเทียบผลงานระหว่างกลุ่มและการวิพากษ์ผลโดยอิงข้อมูลจริงช่วยให้นักเรียนเข้าใจข้อจำกัดของตนเองและสร้างแนวทางใหม่ที่มีคุณภาพมากขึ้น สอดคล้องกับหลัก Evidence-based Pedagogy ซึ่งเน้นการอ้างอิงข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์มาประกอบการอภิปรายและตัดสินใจ การอภิปรายที่อิงหลักฐานจริงทำให้ผู้เรียนไม่ได้พึ่งพาเพียงความคิดเห็นส่วนตัวหรือการคาดเดาเท่านั้น แต่เรียนรู้การใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการประเมินผล (Bathgate et al., 2019)

จะเห็นได้ว่าทั้งสามแนวทางทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างต่อเนื่องและครบทั้ง 4 องค์ประกอบอย่างเป็นระบบ โดยความริเริ่มของงานวิจัยนี้ไม่ได้อยู่ที่การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เพียงลำพังดัง เช่น งานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งมักดำเนินกิจกรรมในลักษณะที่เปิดกว้าง และคาดหวังให้ผู้เรียนคิดด้วยตนเองค่อนข้างสูง (นิตยา หัสมิตร และคณะ, 2563; ชุติกานต์ เอี้ยวเล็ก, 2566) ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาหากแต่อยู่ที่วิธีการออกแบบการใช้กระบวนการดังกล่าวให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนระดับประถมศึกษาการออกแบบสถานการณ์การเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการทางความคิด ประสบการณ์ใกล้ตัว และรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเพิ่มกลไกสนับสนุนอย่างชัดเจน ได้แก่ การใช้คำถามชี้นำเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดอย่างเป็นลำดับ การกำหนดบทบาทในทีมเพื่อสร้างความรับผิดชอบต่อหน้าที่ทางปัญญา และการจัดพื้นที่ให้มีการวิพากษ์ผลจากหลักฐานจริงอย่างเป็นระบบ องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ EDP ไม่ได้เป็นเพียงลำดับขั้นของกิจกรรม แต่เป็นโครงสร้างทางปัญญาที่ช่วยพยุ้งการคิดของผู้เรียน (Cognitive structuring) ตลอดกระบวนการแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนมุ่งพัฒนาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การตัดสินใจ และการสำรวจตรวจสอบได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) แนวปฏิบัติที่ดีที่ค้นพบจากงานวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะในแต่ละแนวทางดังนี้ แนวทางที่ 1 การใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ ครูควรใช้คำถามปลายเปิดระหว่างการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ย้อนกลับ หาสาเหตุของผลลัพธ์ และทบทวนแนวทางอย่างมีเหตุผล แนวทางที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน ควรแบ่งหน้าที่ในกลุ่มอย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมความร่วมมือ ความรับผิดชอบ และการคิดวิเคราะห์ร่วมกัน แนวทางที่ 3 การแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนเปรียบเทียบผลงานโดยอิงข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์และการปรับปรุงชิ้นงานอย่างมีเหตุผล

2) ควรเตรียมเครื่องมือสนับสนุนสำหรับครู ได้แก่ ชุดคำถามชี้นำ และแบบสังเกตพฤติกรรม และนักเรียน ได้แก่ แบบสะท้อนคิด และบัตรบทบาท จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ต้นแบบหรือคู่มือ เพื่อเป็นประโยชน์กับผู้สนใจโดยออกแบบกิจกรรมที่เน้นการพัฒนาทักษะการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ให้นักเรียนได้ฝึกคิดจากการทดลองย่อย การสังเกตข้อมูลจริง และการใช้คำถามชี้นำเชิงวิเคราะห์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงเหตุผลและการตั้งสมมติฐานอย่าง

2) ผลการวิจัยนี้สามารถเป็นฐานในการออกแบบการพัฒนาวิชาชีพครู โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแนวการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา

3) งานวิจัยนี้ใช้การประเมินผลที่อาศัยแบบทดสอบปลายเปิดเป็นหลัก แม้จะช่วยสะท้อนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ลึกซึ้งแต่ยังมีข้อจำกัดด้านความครอบคลุมของหลักฐาน งานวิจัยครั้งต่อไปควรใช้เครื่องมือหลายรูปแบบร่วมกัน

เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์ หรือควรเพิ่มเติมการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์รายบุคคลหรือกลุ่มย่อย เพื่อให้เข้าใจมุมมอง กระบวนการคิด และปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

4) ควรเพิ่มเติมเครื่องมือสำหรับวัดและประเมินผลนักเรียนระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนในแต่ละรอบของวงจรปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2557, 13 ตุลาคม). *การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*.

<https://www.moe.go.th/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%A8%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A9%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-2/>

จิตลดา รักษ์น้อย และวราวุฒิ มั่นสุขพล. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้กระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 *วารสารสิรินธรปริทรรศน์*, 23(1), 43-56.

<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jsr/article/view/249064>

ชุดิกานต์ เอี้ยวเล็ก. (2566). ผลการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่มีต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับเด็กปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 34(2), 14-28.

<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edubuu/article/view/260418>

นัตยา หัสสินทร์, และคณะ. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 24(1), 166-175.

https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/download/242136/170885/912910

ปาติดา สุขสำราญ และ วารินทร์ แก้วอุไร. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21(3), 153-166.

https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/89495

ปิยธิดา อินทรักษาทรัพย์. (2566). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการทำงานเป็นทีมด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในวิชาวิทยาการคำนวณและการออกแบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. [วิทยานิพนธ์ศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์]. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. <https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Piyatida.Inth.pdf>

พัชรา พลเยี่ยม และปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2567). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 3(1), 68-85.

https://so02.tci-thaijo.org/index.php/hsi_01/article/view/258076

ศิริณา คำหล้าทราย และลือชา ลดาชาติ. (2565). ผลการเรียนรู้พื้นฐานการออกแบบต่อความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และชุดความคิดเชิงผลของการเรียนรู้พื้นฐานการออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: กรณีศึกษาในหัวข้อเรื่องพื้นเอียง. *วารสารวิจัย มข. สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 10(2), 141-155.

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/gskkuhs/article/view/257354>

สุธิดา การิณี. (2560, พฤศจิกายน-ธันวาคม). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 1. *นิตยสาร สสวท.*, 46(209), 23-27.

<http://designtechnology.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/83/2018/10/Mag-209.pdf>

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2556). แนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะทางสาขาวิชาชีพ. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
<https://ops.moe.go.th/wp-content/uploads/2023/05/1-%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%A8%E0%B8%95%E0%B8%A7%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A9%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-21.pdf>
- เพียงขวัญ แก้วเรือง, วิไลลักษณ์ ลังกา และอรอุมา เจริญสุข. (2565). การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม. *วารสารวิชาการ มจร บุรีรัมย์*, 7(2), 65-79.
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ambj/article/download/256526/174875>
- Akben, N. (2020). Effects of the Problem-Posing Approach on Students' Problem-Solving Skills and Metacognitive Awareness in Science Education. *Research in Science Education*, 50, 1143-1165.
<https://doi.org/10.1007/s11165-018-9726-7>
- Ayaz, E. and Sarikaya, R. (2021). The effect of engineering design based science teaching on decision making, scientific creativity and design skills of classroom teacher candidates. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 7(4), 309-328.
<https://doi.org/10.21891/jeseh.961060>
- Bathgate, M. E., Aragón, O. R., Cavanagh, A. J., Waterhouse, J. K., Frederick, J., and Graham, M. J. (2019). Perceived support and evidence-based teaching in college STEM. *International Journal of STEM Education*, 6(11), 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-019-0166-3>
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Carin, A. A. (1997). Teaching modern science (7th ed.). Prentice Hall.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://utstat.utoronto.ca/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- Deehan, J., Redshaw, S., Danaia, L., Postlethwaite, F., Donnelly, A. and Morris, C. (2025). Understanding STEM beyond the cities: A comprehensive review of non-metropolitan STEM education research, *International Journal of Educational Research Open*, 5, 2666-3740.
<https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100496>
- Gillies, R. M., Nichols, K., Burgh, G., and Haynes, M. (2012). The effects of two strategic and meta-cognitive questioning approaches on children's explanatory behaviour, problem-solving, and learning during cooperative, inquiry-based science. *International Journal of Educational Research*, 53, 93-106.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2012.02.003>
- Global Partnership for Education. (2020). *Education for 21st century skills: Preparing students for the future*. Global Partnership for Education.
<https://www.globalpartnership.org>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>

- Hutchinson, A. (2022). *The most in-demand skills: New notifications of opportunities in your network*. Social Media Today. Retrieved from <https://www.socialmediatoday.com/news/linkedin-shares-new-data-on-the-most-in-demand-skills-new-notifications-of/630978>
- İnci Kuzu, Çiğdem. (2021). Basic problem-solving-positioning skills of students starting first grade in primary school during the COVID-19 pandemic. *Southeast Asia Early Childhood Journal*, 10(2), 84-103. <https://doi.org/10.37134/saecj.vol10.2.6.2021>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., and Smith, K. A. (2014). Cooperative learning: Improving university instruction by basing practice on validated theory. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 85-118. http://static.pseupdate.mior.ca.s3.amazonaws.com/media/links/Cooperative_learn_validated_theory.pdf
- Johnson, D. W., and Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63-85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Kemmis, S., McTaggart, R., and Nixon, R. (2014). *The Action Research Planner: Doing critical participatory action research*. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., and Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design™ into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Kotseva, I. (2019). Engineering design-based learning in integrative STEM education. *Science, Engineering & Education*, 4(1), 62-67. <https://jsee.uctm.edu/index.php/see/article/view/71>
- Lin, K.-Y., Wu, Y.-T., Hsu, Y.-S., and Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>
- Maxwell, S. E., Kelley, K., and Rausch, J. R. (2008). Sample size planning for statistical power and accuracy in parameter estimation. *Annual Review of Psychology*, 59, 537–563. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17937603/>
- Museum of science. (2007). *Engineering is elementary: Engineering for Children*. Retrieved from <https://eiestore.com/engineering-grades-prek-8/engineering-is-elementary-grades-k-5.html>
- Öndeş, R. N. (2025). Effects of STEM practices on students' problem-solving skills: A meta-analysis study. *International journal of education in mathematics, science and technology*, 13(2), 439-461. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4697>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030>
- P21 Partnership for 21st learning. (2019). *P21 framework definitions*. Retrieved from https://static.battelleforkids.org/documents/p21/p21_framework_definitionsbfk.pdf

- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., and Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Piaget, J. (1962). Play, dreams and imitation in childhood. Norton. <https://doi.org/10.4324/9781315009698>
- Polya, G. (1971). How to solve it: A new aspect of mathematical method (2nd ed.). Princeton University Press. <https://www.yorku.ca/cberge/1420images/PolyaExcerpt.pdf>
- Prudhomme, G., Boujut, J., and Brissaud, D. (2003). Toward reflective practice in engineering design education. *International Journal of Engineering Education*, 19, 328-337. <https://www.ijee.ie/articles/Vol19-2/IJEE1356.pdf>
- Quinn, H., Heidi, S., and Keller, T. (2012). A framework for K-12 science education. National Academy of Sciences. https://smile.oregonstate.edu/sites/smile.oregonstate.edu/files/a_framework_for_k-12_science_education.pdf
- Roorda, D. L., Koomen, H. M. Y., Spilt, J. L., and Oort, F. J. (2011). The influence of affective teacher–student relationships on students’ school engagement and achievement: A meta-analytic approach. *Review of Educational Research*, 81(4), 493–529. <https://doi.org/10.3102/0034654311421793>
- Şahin, H. (2021). The effect on STEM-based education program on problem solving skills of five year old children. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 69-88. <http://dx.doi.org/10.52380/mojet.2021.9.4.325>
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is everybody’s problem. *Science Teacher*, 41(4), 16-18. https://eric.ed.gov/?id=EJ098451&utm_source=chatgpt.com
- World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum. <https://www.weforum.org>
- Yang, D. and Chittoori, B. (2022). Technology-supported Engineering Design and Problem Solving for Elementary Students. *International Journal of Technology in Education and Science*, 6(4), 524-542. <https://doi.org/10.46328/ijtes.406>