

การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในรายวิชา ฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง
Development of a Creative Application Learning Cycle Model (CALC Model) to Promote Learning Achievement and Creative Problem-Solving Skills in Physics 1: Linear Motion

ธีระพงษ์ จันทร์ยาง¹

Teerapong Chanyang¹

¹ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนกีฬาส่งการปกครองส่วนจังหวัดแพร่ (พัฒนาประชาอุปถัมภ์)

สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

¹Teacher, Senior Professional Level

Phrae Provincial Administrative Organization Sports School (Phatthana Pracha Upatham)

Phrae Provincial Administrative Organization, Department of Local Administration, Ministry of Interior

E-mail: bee150526@gmail.com

Received: April 27, 2026; Revised: May 10, 2026; Accepted: May 18, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ในการจัดการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) พัฒนารูปแบบ CALC Model 3) ทดลองใช้รูปแบบ CALC Model และ 4) ประเมินและปรับปรุงรูปแบบ CALC Model สำหรับการจัดการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (R&D) แบบผสมผสานวิธี (Mixed Methods Research) ตามแบบแผนเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน (The Embedded Design) กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนกีฬาส่งการปกครองส่วนจังหวัดแพร่ (พัฒนาประชาอุปถัมภ์) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 21 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ 6 ชุด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 30 ข้อ แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ชนิดเขียนตอบ 10 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ 20 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 ผลการวิจัยพบว่า 1) ข้อมูลพื้นฐานชี้ให้เห็นว่านักเรียนร้อยละ 82 มีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับพอใช้หรือน้อย และต้องการปรับปรุงรูปแบบการสอนที่เน้นการปฏิบัติจริงมากขึ้น 2) รูปแบบ CALC Model ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) หลักการของรูปแบบฯ (2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบฯ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบฯ (4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบฯ และ (5) เงื่อนไขและปัจจัยความสำเร็จ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบฯ มีความสอดคล้องในระดับมาก ($\mu = 4.22$, $\sigma = 0.62$) แผนการจัดการเรียนรู้และชุดกิจกรรมมีความสอดคล้องในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.57$ และ 4.76 ตามลำดับ) 3) ชุดกิจกรรม

การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 79.26/76.35$ สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.11 เป็นร้อยละ 76.35 ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 81) และนักเรียนร้อยละ 85.71 มีทักษะในระดับดีขึ้นไป ความพึงพอใจต่อรูปแบบฯ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.61, \sigma = 0.49$) 4) การปรับปรุงรูปแบบภายหลังการทดลองครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านสื่อประกอบการเรียนรู้

คำสำคัญ: รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์, CALC Model, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์, ฟิสิกส์, การเคลื่อนที่แนวตรง

Abstract

This study aimed to: (1) investigate the foundational data for developing the Creative Applied Learning Cycle (CALC) Model for Physics 1 instruction on rectilinear motion among Grade 10 students (2) develop the CALC Model; (3) implement the CALC Model; and (4) evaluate and refine the CALC Model for Physics 1 instruction on rectilinear motion among Grade 10 students. The study employed a Research and Development (R&D) methodology utilizing a Mixed Methods Research approach with an Embedded Design. The target group consisted of 21 Grade 10 students enrolled in the Science–Mathematics program at Phrae Provincial Administrative Organization Sports School (Phatthana Pracha Uppatham), during the first semester of the 2025 academic year, selected through purposive sampling. Research instruments comprised six lesson plans, six creative applied learning activity sets, a 30-item four-choice multiple-choice achievement test, a 10-item open-ended creative problem-solving skills assessment, and a 20-item five-point Likert scale satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, and the E_1/E_2 efficiency criterion. The findings were as follows. First, baseline data revealed that 82% of students demonstrated creative problem-solving skills at a fair or low level, and expressed a need for instructional approaches that emphasize hands-on practice. Second, the developed CALC Model comprised five components: (1) the model's underlying principles, (2) objectives, (3) instructional processes, (4) measurement and evaluation procedures, and (5) conditions and success factors. Content validity of the model was rated at a high level of congruence ($\mu = 4.22, \sigma = 0.62$), while lesson plans and activity sets demonstrated the highest level of congruence ($\mu = 4.57$ and $\mu = 4.76$, respectively). Third, the learning activity sets yielded an efficiency ratio of $E_1/E_2 = 79.26/76.35$, exceeding the established criterion of 75/75. Students' learning achievement increased from 41.11% to 76.35% post-instruction. Overall creative problem-solving skills were rated at the excellent level (81%), with 85.71% of students achieving a good level or above. Student satisfaction with the model was at the highest level ($\mu = 4.61, \sigma = 0.49$). Fourth, post-implementation refinements addressed three domains: instructional processes, measurement and evaluation, and instructional media.

Keywords: Creative Applied Learning Cycle Model, CALC Model, Learning Achievement, Creative Problem-Solving Skills, Physics, Rectilinear Motion

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 กำลังเผชิญกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ ส่งผลให้ระบบการศึกษาต้องปรับเปลี่ยนจากการถ่ายทอดความรู้ไปสู่การพัฒนาทักษะที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Care et al., 2018; World Economic Forum, 2020) เครือข่าย P21 (Partnership for 21st Century Skills) ได้พัฒนารอบแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการสื่อสาร (Battelle for Kids, 2019; Binkley et al., 2012)

ในบริบทของการศึกษาไทย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดให้ทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบ PISA 2022 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ 409 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่ 485 คะแนน (OECD, 2023) และผลการทดสอบ O-NET ปีการศึกษา 2566 ของนักเรียนโรงเรียนกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ (พัฒนาประชากรอุปถัมภ์) ในวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเพียง 29.70 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับเขตพื้นที่ (33.59 คะแนน) และระดับจังหวัด (31.46 คะแนน) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ระบุว่ายังต้องปรับปรุงด้านแรงและการเคลื่อนที่ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (Docktor & Mestre, 2014) โดยเฉพาะเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงซึ่งเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน แต่การสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน (Brewer et al., 2013) งานวิจัยในประเทศไทย พบว่านักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยวิธีบรรยายไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ (ชุดิมา พันธุมมาตร และกิตติคม คาวีรัตน์, 2564) สอดคล้องกับข้อค้นพบจากการสำรวจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4–6 ในโรงเรียนกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ประเมินตนเองว่ามีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับที่ต้องพัฒนา และต้องการรูปแบบการสอนที่เน้นการปฏิบัติจริงมากขึ้น

แนวทางที่ได้รับการยืนยันจากงานวิจัยว่ามีประสิทธิผลสูงในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E (Bybee et al., 2006) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) ที่ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกระตุ้นความสนใจ (Engagement) การสำรวจและค้นหา (Exploration) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) และการประเมินผล (Evaluation) โดยการวิเคราะห์ห่อภิมาน พบว่า รูปแบบ 5E มีขนาดผลกระทบบสูง ($g = 0.82$) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ (Polanin et al., 2024) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงขนาดผลระดับสูง ($ES = 1.48$) ในบริบทฟิสิกส์ (Karaşah-Çakıcı et al., 2021) และกระบวนการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ตามโมเดล CPS Version 6.1 ของ Treffinger et al. (2003) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 4 ด้าน ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การรวบรวมความคิด การเตรียมก่อนลงมือ และการวางแผนดำเนินการ ได้รับการยืนยันว่าพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Fahrisa & Parmin, 2022)

อย่างไรก็ตาม แม้งานวิจัยแต่ละแนวทางจะแสดงประสิทธิภาพสูง แต่ยังมีช่องว่างสำคัญ คือ ยังไม่มีงานวิจัยที่บูรณาการ 5E, STEM และ CPS เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบในรูปแบบเดียว โดยเฉพาะในบริบทการสอนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย งานวิจัยที่ใกล้เคียงในไทย เช่น ฉัตรดนัย สุวรรณรงค์ และสิทธิพล อาจอินทร์ (2563) ที่บูรณาการ STEM ในฟิสิกส์ และณัฐนันท์ แก้วมูล และคณะ (2566) ที่ใช้รูปแบบ 5E ร่วมกับบทเรียนออนไลน์ ยังไม่มีการสังเคราะห์ทั้งสามแนวคิดให้เป็นรูปแบบเดียวอย่างมีระบบ

ผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (Creative Application Learning Cycle Model: CALC Model) ซึ่งชื่อย่อ “CALC” สะท้อนแนวคิดหลักของรูปแบบอย่างครบถ้วน ดังนี้ C (Creative) หมายถึง ความสร้างสรรค์ที่บูรณาการผ่านกระบวนการ CPS, A (Application) หมายถึง การประยุกต์ใช้ความรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจาก STEM, L (Learning) หมายถึง การเรียนรู้แบบสืบเสาะตามโครงสร้าง 5E และ C (Cycle) หมายถึง การเรียนรู้แบบวนซ้ำและสะท้อนคิด รูปแบบนี้จึงสังเคราะห์รูปแบบ 5E เป็นโครงสร้างหลัก บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนจาก STEM Education ในชั้นขยายความรู้ (Elaboration) และสอดแทรกกระบวนการ CPS เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อพัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ในการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อทดลองใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) โดยศึกษา
 - 1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ $E_1/E_2 = 75/75$
 - 2) พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้รูปแบบฯ
 - 3) ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการใช้รูปแบบฯ
 - 4) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบฯ
4. เพื่อประเมินและปรับปรุงรูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ในการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการทดลองใช้

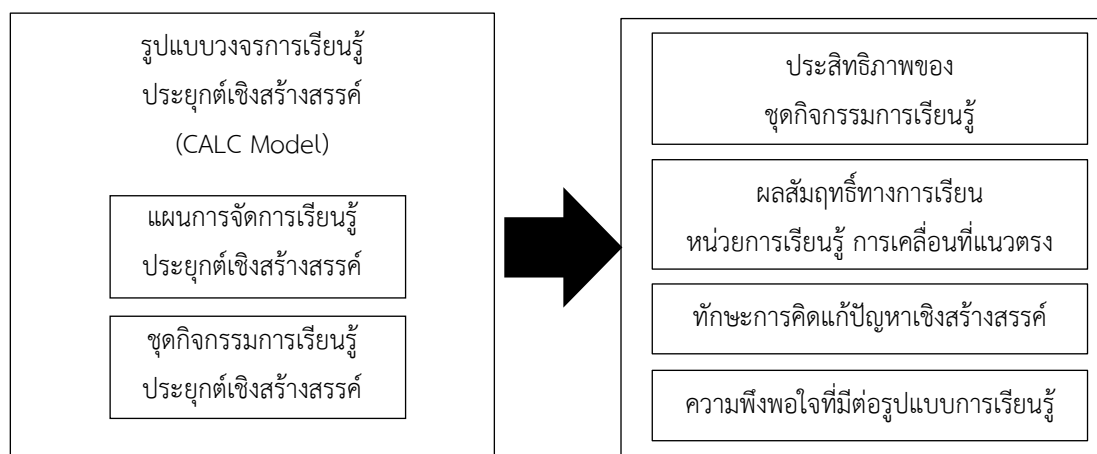
สมมติฐานการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐานดังนี้

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง และทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) สูงกว่าก่อนเรียน
3. ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ของนักเรียนร้อยละ 80 อยู่ในระดับ ดี ขึ้นไป
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) อยู่ในระดับ มาก ขึ้นไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) กับ ผลลัพธ์การเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ E_1/E_2 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ การเคลื่อนที่แนวตรง (3) ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ (4) ความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้โดย รูปแบบ CALC Model ดำเนินการผ่านเครื่องมือที่สำคัญ 2 ชนิด คือ แผนการจัดการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ และชุด กิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบบผสมผสานวิธี (Mixed Methods Research) ตามแบบแผนเชิงผสมผสานแบบรองรับภายใน (The Embedded Design) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Creswell and Plano Clark (2017) เนื่องจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจำเป็นต้องอาศัยทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณควบคู่กัน โดยข้อมูลเชิงคุณภาพทำหน้าที่เป็นข้อมูลรองรับ (Embedded) ในการออกแบบและพัฒนารูปแบบ ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณทำหน้าที่เป็นข้อมูลหลักในการทดลองใช้และประเมินประสิทธิผล การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนารูปแบบจากแหล่งข้อมูล 2 ประเภท แหล่งข้อมูลประเภทแรก คือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ (พัฒนาประชากรกลุ่ม) ฉบับปรับปรุง 2567 โดยเฉพาะในส่วนของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31201 รวมถึงศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้แบบวิเคราะห์เอกสารที่ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ($IOC = 0.60-1.00$) แหล่งข้อมูลประเภทที่สอง คือ บุคคลที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) นักเรียนชั้น ม.4-6 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 43 คน ซึ่งตอบแบบสำรวจความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันและประเมินทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

(2) ผู้ปกครองนักเรียน จำนวน 43 คน ตอบแบบสำรวจความคาดหวังต่อการจัดการเรียนการสอน (3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน วิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ จำนวน 3 คน ให้ข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกในประเด็นวิธีการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียน การสอนและการวัดประเมินผล และ (4) ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ ที่มีประสบการณ์สอนไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน ให้ข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกในประเด็นวิธีการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และการวัดประเมินผล ข้อมูลเชิงคุณภาพจากกลุ่มนี้วิเคราะห์โดยการสังเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และจัดกลุ่มประเด็นสำคัญเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบรูปแบบในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D1) พัฒนารูปแบบ CALC Model

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) และเครื่องมือประกอบทั้งหมด โดยยึดกรอบของ Joyce et al. (2009) ซึ่งกำหนดว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต้องประกอบด้วยทฤษฎีพื้นฐาน วัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่เหมาะสม ระบบสนับสนุน ผู้เรียน และการประเมินผลที่หลากหลาย ผู้วิจัยกำหนดกรอบโครงสร้างรูปแบบ CALC Model ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น จากนั้นนำรูปแบบที่ออกแบบขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้อง พร้อมทั้งพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ 6 ชุด ที่สอดคล้องกับรูปแบบ CALC Model ซึ่งผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จากนั้นนำชุดกิจกรรมที่ปรับปรุงแล้วไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (Field Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 12 คน เพื่อหาค่าประสิทธิภาพเบื้องต้น E_1/E_2 ก่อนนำไปใช้จริงในขั้นตอนถัดไป ในขั้นตอนนี้ยังพัฒนาเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ CALC Model ครบทั้ง 3 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ (3) แบบประเมินความพึงพอใจ

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R2) ทดลองใช้รูปแบบ (Implementation: I)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองใช้รูปแบบ CALC Model กับกลุ่มเป้าหมายจริง และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยทั้ง 4 ข้อ ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 21 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ลำดับการดำเนินการเก็บข้อมูลมีดังนี้ สัปดาห์ที่ 1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 30 ข้อ สัปดาห์ที่ 1-12 จัดการเรียนรู้อยู่ตามรูปแบบ CALC Model จำนวน 6 แผน รวม 24 ชั่วโมง (สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง) พร้อมเก็บคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียนจากชุดกิจกรรม 6 ชุด เพื่อคำนวณค่า E_1 สัปดาห์ที่ 12 ทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 30 ข้อ แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 10 ข้อ และประเมินความพึงพอใจ 20 ข้อ ตามลำดับ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (μ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ร้อยละ และการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ $E_1/E_2 = 75/75$ โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายคะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 40 คะแนน) ไว้ 5 ระดับ คือ ดีมาก (32-40 คะแนน) ดี (28-31 คะแนน) พอใช้ (24-27 คะแนน) ผ่านเกณฑ์ (20-23 คะแนน) และปรับปรุง (ต่ำกว่า 20 คะแนน) ดัดแปลงจากแนวทางการแปลความหมายคะแนน ของบุญชม ศรีสะอาด. (2560) และเกณฑ์การแปลความหมายความพึงพอใจ 5 ระดับ ตั้งแต่ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 (มากที่สุด) ถึง 1.00-1.50 (น้อยที่สุด)

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D2) ประเมินและปรับปรุงรูปแบบ (Evaluation: E)

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการใช้รูปแบบ CALC Model ในภาพรวมและปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยนำข้อมูลเชิงปริมาณจากขั้นตอนที่ 3 มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการนำรูปแบบ CALC Model ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน การบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย และข้อเสนอแนะที่รวบรวมได้ตลอดช่วงการทดลองใช้

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการทดลองใช้รูปแบบ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนกีฬากองการบริหารส่วนจังหวัดแพร่ (พัฒนาประชากรอุปถัมภ์) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 21 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เนื่องจากเนื้อหาวิชา ฟิสิกส์ 1 เป็นรายวิชาเพิ่มเติมเฉพาะแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งโรงเรียนมีนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนนี้ เพียง 1 ห้องเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ CALC Model จำนวน 6 แผน รวม 24 ชั่วโมง ครอบคลุมเนื้อหา ตำแหน่ง ระยะทางและการกระจัด อัตราเร็วและความเร็ว ความเร่ง กราฟการเคลื่อนที่แนวตรง สมการการเคลื่อนที่ และการตกแบบเสรี และ 2) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ จำนวน 6 ชุด พร้อมกิจกรรม สะเต็มศึกษา เช่น กิจกรรม Fast & Furious, แรงดีไม่มีผิด, Infographic Graph For Motion, Poster Equation Of Motion และตกไปไม่มีแตก เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่า IOC ระหว่าง 0.60 – 1.00 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.51 – 0.72 และค่าความเชื่อมั่น 0.89 2) แบบวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ชนิดเขียนตอบ จำนวน 10 ข้อ ครอบคลุม 4 องค์ประกอบตามโมเดล CPS Version 6.1 คะแนนเต็ม 40 คะแนน มีค่า IOC ระหว่าง 0.60 – 1.00 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.29 – 0.52 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.37 – 0.63 และค่าความเชื่อมั่น 0.81 และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ มีค่า IOC ระหว่าง 0.60 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ระหว่าง 0.43 – 0.64 และค่าความเชื่อมั่น 0.85

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (μ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ร้อยละ และการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามเกณฑ์ E_1/E_2 โดยกำหนด E_1 = ประสิทธิภาพกระบวนการ และ E_2 = ประสิทธิภาพผลลัพธ์ ด้วยเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 26 สำหรับการคำนวณค่าสถิติ และโปรแกรม Microsoft Excel 2021 สำหรับการคำนวณค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนกีฬากองการบริหารส่วนจังหวัดแพร่ ฉบับปรับปรุง 2567 พบว่าหลักสูตรมีโครงสร้างสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 แต่ยังมีช่องว่างในการบูรณาการ

แนวทางการสอนที่หลากหลายอย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักเรียนร้อยละ 82 มีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับพอใช้หรือน้อย ต้องการให้ลดการบรรยายและเพิ่มกิจกรรมการทดลองและการแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง ผู้ปกครองคาดหวังให้พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงควบคู่กับการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง และผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้บูรณาการรูปแบบ 5E กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและกระบวนการ CPS อย่างเป็นระบบ

2. ผลการพัฒนาแบบ CALC Model

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) หลักการที่บูรณาการทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ รูปแบบ 5E กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากสะเต็มศึกษา และกระบวนการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (2) วัตถุประสงค์ที่ชัดเจน (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น (4) การวัดและประเมินผลที่ครอบคลุม และ (5) เงื่อนไขและปัจจัยความสำเร็จ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พบว่า รูปแบบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบฯ สอดคล้องในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.22, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.62) แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.57, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.54) และชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.76, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.20) โดยผ่านการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม $E_1/E_2 = 75.69/75.28$ โดยมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement) ดึงดูดความสนใจและเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนลงมือสำรวจและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ค้นพบและเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นหัวใจสำคัญที่บูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ (4.1) การระบุและทำความเข้าใจปัญหา (4.2) การสืบค้นข้อมูลและสร้างสรรค์แนวคิด (4.3) การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา (4.4) การวางแผนและลงมือสร้าง (4.5) การทดสอบและปรับปรุง และ (4.6) การนำเสนอและสร้างการยอมรับ ร่วมกับกระบวนการ CPS ตามโมเดล CPS Version 6.1

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation) ประเมินทั้งแบบ Formative ต่อเนื่องตลอดกระบวนการและ Summative ในขั้นสุดท้าย



รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model)

ภาพ 2 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model)

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบ CALC Model

1) ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

N (คน)	คะแนนกิจกรรมระหว่างเรียน รวมทั้งหมด 6 ชุด (E_1)			คะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียน (E_2)			ประสิทธิภาพ E_1 / E_2
	คะแนนเต็ม	μ	ร้อยละ	คะแนนเต็ม	μ	ร้อยละ	
21	398	315.47	79.26	30	22.90	76.35	79.26 / 76.35

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ ร้อยละ 79.26 และประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ ร้อยละ 76.35 รวมเป็น $E_1/E_2 = 79.26/76.35$ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1

2) พัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 2 การศึกษาพัฒนาการของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ก่อนและหลัง การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) (N = 21, คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

การทดสอบ	μ	σ	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน	12.33	3.64	41.11
หลังเรียน	22.90	1.18	76.35

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเฉลี่ย 12.33 คะแนน (ร้อยละ 41.11, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.64) และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 22.90 คะแนน (ร้อยละ 76.35, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 1.18) โดยนักเรียนร้อยละ 100 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกคน คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 10.57 คะแนน หรือร้อยละ 35.24 นอกจากนี้ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลงอย่างมาก จาก 3.64 เหลือ 1.18 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบ CALC Model ช่วยลดความแตกต่างระหว่างความสามารถของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2

3) ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แต่ละด้าน

องค์ประกอบ ทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
1. การทำความเข้าใจปัญหา	10	ระบุปัญหา สาเหตุ และขอบเขตได้ชัดเจนและครบถ้วน
2. การรวบรวมความคิด	10	นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาได้หลากหลายและสร้างสรรค์
3. การเตรียมก่อนลงมือ	10	วางแผนและออกแบบแนวทางได้อย่างเป็นระบบและเป็นไปได้จริง
4. การวางแผนดำเนินการ	10	ลงมือปฏิบัติ ทดสอบ และปรับปรุงได้จริงพร้อมนำเสนอ

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินระดับทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ภาพรวม

ระดับคุณภาพ	ร้อยละของคะแนน	ช่วงคะแนน	ความหมาย
ดีมาก	80–100	32–40	สามารถแสดงทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ครบถ้วนและมีประสิทธิภาพทั้ง 4 องค์ประกอบ
ดี	70–79	28–31	สามารถแสดงทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ครบทั้ง 4 องค์ประกอบ แต่ยังมีข้อบกพร่องบางส่วน
พอใช้	60–69	24–27	สามารถแสดงทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้บางส่วนองค์ประกอบ แต่ยังคงพัฒนาในหลายด้าน
ผ่านเกณฑ์	50–59	20–23	สามารถแสดงทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้เพียงบางส่วนของแต่ละองค์ประกอบ
ต้องพัฒนา	ต่ำกว่า 50	0–19	ยังไม่สามารถแสดงทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละองค์ประกอบได้อย่างเพียงพอ

หมายเหตุ: ดัดแปลงจากแนวทางการแปลความหมายคะแนนของ บุญชม ศรีสะอาด (2560)

ตารางที่ 5 คะแนนการวัดทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model)

เลขที่	คะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์รายองค์ประกอบ						
	การทำความเข้าใจปัญหา	การรวบรวมความคิด	การเตรียมก่อนลงมือ	การวางแผนดำเนินการ	คะแนนรวม (40 คะแนน)	ร้อยละ	ภาพรวมระดับคุณภาพ
1	6	6	6	6	24	60	พอใช้
2	8	8	8	9	33	83	ดีมาก
3	9	9	9	8	35	88	ดีมาก
4	7	7	8	8	30	75	ดี
5	6	6	7	7	26	65	พอใช้
6	9	9	8	9	35	88	ดีมาก

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์รายองค์ประกอบ						
	การทำความเข้าใจปัญหา	การรวบรวมความคิด	การเตรียมก่อนลงมือ	การวางแผนการดำเนินการ	คะแนนรวม (40 คะแนน)	ร้อยละ	ภาพรวมระดับคุณภาพ
7	8	8	7	8	31	78	ดี
8	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
9	8	8	8	8	32	80	ดีมาก
10	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
11	8	8	8	8	32	80	ดีมาก
12	8	8	9	9	34	85	ดีมาก
13	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
14	8	8	8	8	32	80	ดีมาก
15	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
16	7	7	6	6	26	65	พอใช้
17	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
18	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
19	8	8	8	9	33	83	ดีมาก
20	9	9	9	9	36	90	ดีมาก
21	7	7	7	7	28	70	ดี
μ	8.10	8.10	8.10	8.24	32.52	81	ดีมาก
σ	1.00	1.00	1.00	1.00	3.79		

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยรวมเฉลี่ย 32.52 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน (ร้อยละ 81) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.79 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก โดยนักเรียนที่มีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับ ดีมาก จำนวน 15 คน (ร้อยละ 71.42) ระดับดี จำนวน 3 คน (ร้อยละ 14.29) และระดับพอใช้ จำนวน 3 คน (ร้อยละ 14.29) โดยไม่มีนักเรียนที่มีทักษะในระดับ ปรับปรุงเลย เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีทักษะในระดับดี ขึ้นไป พบว่า มีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 85.71 ของนักเรียนทั้งหมด ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า รูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) มีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยกิจกรรมสะเต็มศึกษาในชั้นขยายความรู้ซึ่งเน้นการออกแบบ การลงมือสร้าง และการนำเสนอผลงานนั้น เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะ CPS ในบริบทที่มีความหมายและสัมพันธ์กับชีวิตจริง สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3

4) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) โดยรวมและจำแนกรายด้าน (N = 21)

ด้านที่ประเมิน	μ	σ	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านผู้สอนและวิธีการสอน	4.68	0.47	มากที่สุด
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.62	0.51	มากที่สุด
3. ด้านการวัดและประเมินผล	4.43	0.58	มาก
4. ด้านบรรยากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.71	0.45	มากที่สุด
รวมทุกด้าน	4.61	0.49	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.61, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.49) ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านบรรยากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย = 4.71, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.45) รองลงมา คือ ด้านผู้สอนและวิธีการสอน (ค่าเฉลี่ย = 4.68, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.47) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย = 4.62, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.51) และด้านการวัดและประเมินผล (ค่าเฉลี่ย = 4.43, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58) ตามลำดับ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4

4. ผลการปรับปรุงรูปแบบ CALC Model

ภายหลังการทดลองใช้มีการปรับปรุงรูปแบบใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ เสริม Feedback ที่ชัดเจนและสร้างสรรค์ในขั้นตอนย่อยการทดสอบและปรับปรุง และเพิ่มกิจกรรมสะท้อนคิด (Reflection) หลังจบแต่ละวงจรการเรียนรู้ 2) ด้านการวัดและประเมินผล พัฒนาระบบ Authentic Assessment โดยใช้การประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน และการประเมินจากผลงานจริง 3) ด้านสื่อประกอบการเรียนรู้ เพิ่มสื่อดิจิทัลจำลองการเคลื่อนที่ (PhET Simulation) และวิดีโอเสริมความเข้าใจทางฟิสิกส์

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ารูปแบบวงจรการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์ (CALC Model) ในการจัดการเรียนรู้รายวิชา ฟิสิกส์ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังอภิปรายตามลำดับดังนี้

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน พบว่า นักเรียนร้อยละ 82 มีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับพอใช้หรือน้อย สะท้อนให้เห็นว่าการสอนแบบบรรยายที่ครูเป็นศูนย์กลางทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบท่องจำมากกว่าการสร้างความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ใหม่จึงไม่สามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ความรู้ได้ (ชุดิมา พันธุมมาตร และกิตติคม คาวีรัตน์, 2564) ซึ่งอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ระบุว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือสร้างความรู้ผ่านกระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (Assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยต้องเผชิญกับภาวะไม่สมดุลทางความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Conflict) ด้วยตนเอง (Piaget, 1972) และต้องอาศัยปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในเขตการพัฒนาก่อนใกล้ถึง (Zone of Proximal Development) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Vygotsky, 1978) ซึ่งการสอนแบบบรรยายไม่สามารถตอบสนองเงื่อนไขทั้งสองได้ ยิ่งไปกว่านั้น วิชาฟิสิกส์ต้องการทักษะหลายระดับพร้อมกัน ทั้ง

การตีความปัญหา การสร้างแบบจำลองทางความคิด และการคิดหาวิธีแก้ปัญหาลำเลือก (Docktor & Mestre, 2014) แต่การสอนแบบบรรยายมักเน้นเพียงการจดจำสูตรและขั้นตอนการคำนวณ จึงละเลยการพัฒนาองค์ประกอบสำคัญของทักษะ CPS ไปโดยปริยาย ข้อค้นพบนี้จึงเป็นฐานสำคัญที่สนับสนุนความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนใหม่ที่บูรณาการกระบวนการคิดสร้างสรรค์เข้ากับเนื้อหาฟิสิกส์อย่างเป็นระบบ นำไปสู่การพัฒนาแบบ CALC Model ในขั้นตอนต่อไป

2. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประยุกต์เชิงสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพ $E_1/E_2 = 79.26/76.35$ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ซึ่งสามารถอธิบายได้จากเหตุผลสำคัญ 3 ประการ ประการแรก การออกแบบกิจกรรมตามโครงสร้าง 5E ทำให้แต่ละขั้นตอนมีกลไกทางปัญญาที่ชัดเจนและต่อเนื่อง กล่าวคือ ขั้น Engagement สร้างความพร้อมในการเรียนรู้ ขั้น Exploration เปิดโอกาสให้นักเรียนสังเกตและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ขั้น Explanation ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงประสบการณ์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งกระบวนการนี้สอดคล้องกับหลักการที่ว่า การออกแบบแต่ละขั้นให้กลไกทางปัญญาที่ชัดเจนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้รูปแบบมีคุณภาพ (Ruiz-Martin & Bybee, 2022) ประการที่สอง กิจกรรมเสริมศึกษาในขั้น Elaboration กำหนดให้นักเรียนต้องประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ในการแก้ปัญหามาจริง ส่งผลให้นักเรียนเกิดการทบทวนและใช้ความรู้ซ้ำอย่างมีความหมาย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ยกระดับคะแนนกระบวนการระหว่างเรียน (E_1) ประการที่สาม การสอดแทรกกระบวนการ CPS ทำให้นักเรียนมีกรอบการคิดที่ชัดเจนในการเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อน ส่งผลให้สามารถทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ดีขึ้น (E_2) สอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรนัย สุวรรณรงค์ และสิทธิพล อาจอินทร์ (2563) ที่พบว่า ชุดกิจกรรมแบบ STEM ในวิชาฟิสิกส์สามารถบรรลุเกณฑ์ประสิทธิภาพได้เมื่อออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทผู้เรียน

3. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นจาก ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 12.33 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.64, ร้อยละ 41.11) เป็น ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 22.90 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.18, ร้อยละ 76.35) โดยนักเรียนร้อยละ 100 มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกคน สิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลดลงอย่างมากจาก 3.64 เหลือ 1.18 ซึ่งบ่งชี้ว่ารูปแบบ CALC Model ไม่เพียงยกระดับผลสัมฤทธิ์โดยเฉลี่ย แต่ยังลดความแตกต่างระหว่างนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหตุผลที่อธิบายปรากฏการณ์นี้ได้คือ โครงสร้างของรูปแบบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกระดับความสามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ในขั้น Exploration นักเรียนที่เรียนรู้ช้ากว่าสามารถเรียนรู้จากการสังเกตเพื่อนในกลุ่ม ขณะที่นักเรียนที่เรียนรู้เร็วกว่าได้รับบทบาทในการอธิบายและนำเสนอในขั้น Explanation ซึ่งกลไกนี้สอดคล้องกับแนวคิด Zone of Proximal Development ของ Vygotsky (1978) ที่ระบุว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือและการชี้แนะที่เหมาะสมช่วยให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างระดับสามารถพัฒนาได้ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลของณัฏฐนนท์ แก้วมูล และคณะ (2566) และจุฑามาศ วินทะสมบัติ และคณะ (2566)

4. นักเรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยรวม ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 32.52 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.79) จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน (ร้อยละ 81) อยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนร้อยละ 85.71 มีทักษะในระดับดีขึ้นไป ซึ่งเกินเกณฑ์สมมติฐานที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาในระดับองค์ประกอบ พบว่า ทั้ง 4 ด้าน มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.10 – 8.24 จากคะแนนเต็ม 10) โดยด้านการวางแผนดำเนินการมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.24) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมในขั้น Elaboration ที่กำหนดให้นักเรียนต้องลงมือสร้างชิ้นงานจริงและนำเสนอผลงาน เป็นบริบทที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะด้านนี้โดยตรง เหตุผลสำคัญที่ทำให้ทักษะ CPS พัฒนาได้ดีคือการที่กิจกรรมแต่ละชุดบังคับให้นักเรียนผ่านกระบวนการ CPS ทั้ง 4 ด้านในบริบทที่มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น กิจกรรม Fast & Furious และตกไปไม่มีตก ซึ่งต่างจากการฝึกทักษะ CPS แบบแยกส่วนในงานวิจัยก่อนหน้า การที่นักเรียนได้รับประสบการณ์การแก้ปัญหาซ้ำในหลายบริบทตลอด 6 ชุดกิจกรรม ทำให้เกิดการสะสมทักษะอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับโมเดล CPS Version 6.1 ของ Treffinger et al. (2003) และงานวิจัยของ Fahrissa และ Parmin (2022)

5. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ CALC Model โดยรวมในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.61, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49) โดยด้านบรรยากาศการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.71, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.45) รองลงมาคือด้านผู้สอนและวิธีการสอน (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เท่ากับ 0.47) ด้านการจัดกิจกรรม (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51) และด้านการวัดและประเมินผล (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58) ตามลำดับ การที่ด้านบรรยากาศมีค่าสูงสุดสามารถอธิบายได้ด้วยลักษณะของกิจกรรมในชั้น Elaboration ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำงานร่วมกันเป็นทีม และประสบความสำเร็จจากการนำเสนอผลงานต่อเพื่อนและครู ซึ่งองค์ประกอบทั้งสามนี้ตรงกับเงื่อนไขของ Self-Determination Theory ที่ระบุว่า การเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการพื้นฐานทั้งสามด้านจะสร้างแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) และบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Deci & Ryan, 2017) ส่วนด้านการวัดและประเมินผลที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดสะท้อนให้เห็นว่ายังมีพื้นที่สำหรับการพัฒนาระบบ Authentic Assessment ซึ่งได้นำมาปรับปรุงในขั้นตอนที่ 4 ของการวิจัยแล้ว

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ก่อนการจัดกิจกรรม ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบและบทบาทหน้าที่ของตนเอง โดยเน้นว่านักเรียนมีอิสระในความคิดภายใต้ขอบข่ายเนื้อหาที่กำหนด
2. ครูควรยืดหยุ่นด้านเวลาและไม่ยึดติดกับคำตอบที่ถูกต้องมากเกินไป เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายการศึกษาผลของรูปแบบต่อตัวแปรอื่น เช่น แรงจูงใจในการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะการทำงานเป็นทีม
2. ควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการนำรูปแบบไปใช้โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การศึกษาเฉพาะกรณี
3. ควรศึกษาสมรรถนะด้านอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดเชิงวิเคราะห์ (Critical thinking) และการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ในนักเรียนที่ผ่านการเรียนโดยใช้รูปแบบ CALC Model

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จุฬามาศ วินทะสมบัติ, ทศนัยน์ ทังขำ, และ วไลดา อุ่นเรือน. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้ชุดกิจกรรมการสอนที่ใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครูศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 2(1), 35–46.
- ชุดิมา พันธุมมาตร และกิตติคม คาวีรัตน์. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงออกแบบ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 19(2), 288–305.
- ฉัตรดนัย สุวรรณรงค์ และสิทธิพล อาจอินทร์. (2563). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา. *Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University*, 17(78), 71–80.

- ณัฐนันท์ แก้วมูล, อาพัทธ์ เตียวตระกูล, และมรกต แสนกุล. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียนออนไลน์ Google Classroom ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 23(1), 12–21.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10)*. สุวีริยาสาส์น.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2566*. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.
- Battelle for Kids. (2019). *Framework for 21st century learning*. <https://www.battelleforkids.org/networks/p21>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Springer.
- Brewe, E., Traxler, A., de la Garza, J., & Kramer, L. H. (2013). Extending positive CLASS results across multiple instructors and multiple classes of Modeling Instruction. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9(2), 020116.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.
- Care, E., Kim, H., Vista, A., & Anderson, K. (2018). *Education system alignment for 21st century skills*. Brookings Institution.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. SAGE.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, 10(2), 020119.
- Fahriza, N., & Parmin. (2022). Creative problem solving (CPS) learning to improve ability and student's critical and creative thinking on science materials. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(2), 98–105.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching (8th ed.)*. Pearson/Allyn and Bacon.
- Karaşah-Çakıcı, Ş., Kol, Ö., & Yaman, S. (2021). The effects of STEM education on academic achievement in science courses: A meta-analysis. *Kuramsal Eğitim Bilim Dergisi [Journal of Theoretical Educational Science]*, 14(2), 264–290.
- OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): *The state of learning and equity in education*. OECD Publishing.
- Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*. Basic Books.
- Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., & Williams, R. (2024). Effects of the 5E instructional model: A systematic review and meta-analysis. *AERA Open*, 10(1), 1–16.
- Ruiz-Martin, H., & Bybee, R. W. (2022). The cognitive principles of learning underlying the 5E model of instruction. *International Journal of STEM Education*, 9, Article 21.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2003). *Creative problem solving (CPS version 6.1™): A contemporary framework for managing change*. <https://www.creativelearning.com>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*.

<https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>