Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 2, 2026, pp. 14-29

Research Article

DEVELOPMENT OF AN ACTIVE LEARNING MODEL USING DESIGN THINKING-BASED PROJECTS TO ENHANCE CREATIVE THINKING COMPETENCY ON THE TOPIC OF THE SOLAR SYSTEM FOR GRADE 4 STUDENTS

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

Received: April 8, 2026 **Revised:** July 1, 2026 **Accepted:** July 3, 2026

Sunsanee Chanteerarot
ศันสนีย์ จันทร์ธีระโรจน์

Puttisopon School, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai Province
โรงเรียนพุทธิโศภน อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

Corresponding Author, **E-mail:** biohazad.jen@gmail.com

Abstract

This innovation presents the development of a science instructional model on the topic of the Solar System for Grade 4 students (N = 29), implemented through four developed lesson plans. The primary objective was to address the limitations of traditional rote-based instruction, which has been associated with student disengagement and inadequate conceptual understanding. The instructional model was redesigned into a four-phase learning process: (1) Stimulate and Question, (2) Explore and Design, (3) Practice and Create, and (4) Present and Reflect. The study aimed to compare students' creative thinking competency before and after instruction, as well as to examine learner satisfaction. The model was developed through the integration of three core educational frameworks: Active Learning, Design Thinking, and Project-Based Learning (PBL). The findings revealed three key outcomes. First, the instructional model demonstrated an efficiency ratio of E_1/E_2 = 84.17/85.52, exceeding the established criterion of 80/80. Second, students' post-instructional creative thinking competency scores were significantly higher than pre-instructional scores at the .05 level of statistical significance ($t = 21.46$, $p < .001$), with mean scores increasing from 22.31 to 35.48 out

of a maximum of 48 points. Third, students reported the highest level of satisfaction with the instructional model ($\overline{x}$ = 4.79, S.D. = 0.24).

Keywords: Active Learning, Design Thinking, Project-Based Learning, Creative Thinking Competency, Solar System

บทคัดย่อ

นวัตกรรมนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 4 แผน มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการเรียนการสอนแบบเดิมที่เน้นการท่องจำ ซึ่งทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและขาดความเข้าใจ โดยนวัตกรรมนี้ได้ออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ใหม่เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กระตุ้นและตั้งคำถาม 2) สำรวจและออกแบบ 3) ปฏิบัติและสร้างสรรค์ และ 4) นำเสนอและสะท้อนผล เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียน รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยการบูรณาการ 3 แนวคิดการศึกษาหลัก เข้าด้วยกัน ได้แก่ การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning), การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) และการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 = 84.17/85.52 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (2) นักเรียนมีสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 21.46, p < .001) โดยคะแนนรวมเพิ่มขึ้นจาก 22.31 เป็น 35.48 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และ (3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.79, S.D. = 0.24)

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงรุก กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ ระบบสุริยะ

บทนำ

การจัดการศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการทำงานในอนาคต โดยเฉพาะ สมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ซึ่งถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนานวัตกรรม (Partnership for 21st Century Learning, 2019; วิจารณ์ พานิช, 2556) สอดคล้องกับหลักสูตรฐานสมรรถนะที่กำหนดให้สมรรถนะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking: HOT) เป็นสมรรถนะหลักที่ผู้เรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนา โดยสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2563) ได้ระบุว่าการคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยทักษะพื้นฐาน 4 มิติ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ควรสามารถจินตนาการและสร้างสรรค์ผลงานที่แปลกใหม่จากประสบการณ์รอบตัวได้อย่างคล่องแคล่วและมีความหมาย

อย่างไรก็ตาม จากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพุทธิโศภน ครูผู้สอน พบว่านักเรียนมีปัญหาในการเรียนเรื่อง ระบบสุริยะ กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจโครงสร้าง และความสัมพันธ์ระหว่างดาวเคราะห์ในระบบสุริยะอย่างถูกต้อง ขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการอธิบายและนำเสนอความเข้าใจด้วยวิธีที่แปลกใหม่ และมีแนวโน้มเบื่อหน่ายต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาเน้นการท่องจำข้อเท็จจริงมากกว่าการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับที่ วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู (2562) รายงานว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา

ที่เน้นความจำยังคงส่งผลให้นักเรียนขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์และเกิดความเบื่อหน่ายในรายวิชา และสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2561) ยังได้รายงานว่าการจัดการเรียนรู้แบบ Passive Learning ยังคงเป็นปัญหาสำคัญในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ไทยที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

จุดเปลี่ยนสำคัญที่กระตุ้นให้ครูผู้สอนหันมาทบทวนและปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการเรียนรู้ คือการได้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในหลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Learning) สำหรับผู้สอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นการปรับบทบาทครูจาก "ผู้ถ่ายทอดความรู้" ให้กลายเป็น "ผู้อำนวยความสะดวก" (Facilitator) เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การตั้งคำถาม การสำรวจ การสังเกต การวิเคราะห์ และการสรุปผล การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการกิจกรรมทดลองและสื่อใกล้ตัวเข้ากับบริบทชีวิตจริงของผู้เรียน เทคนิคการใช้คำถามกระตุ้นคิด (Questioning Techniques) เพื่อนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบคำตอบด้วยตนเองแทนการบอกโดยตรง และ การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ครูผู้สอนยังพบว่าหลักการสืบเสาะสามารถบูรณาการเข้ากับกระบวนการคิดเชิงออกแบบและการเรียนรู้แบบโครงงานได้อย่างเป็นธรรมชาติ

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ครูผู้สอนจึงสนใจพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking-Based Project) ซึ่งบูรณาการแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Bonwell and Eison, 1991; ทิศนา แขมมณี, 2561) กระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอน (Brown, 2009; ไปรมา อิศรเสนา ณ อยุธยา และชูจิต ตรีรัตนพันธ์, 2560) และการเรียนรู้แบบโครงงาน (Dewey, 1938; Buck Institute for Education, 2019) เข้าด้วยกัน โดยใช้เนื้อหาเรื่องระบบสุริยะเป็นบริบทของการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีความน่าสนใจ ที่ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็นตามธรรมชาติ และเปิดกว้างสำหรับการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ สื่ออินโฟกราฟิก หรือนิทรรศการดาราศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรมะ แก้วพวง และ ชวลิต ชูกำแพง (2567) และ ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์ และคณะ (2563) ที่ยืนยันว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ครูผู้สอนมุ่งหวังให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางที่เป็นรูปธรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง และเป็นต้นแบบสำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาในการยกระดับสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนสู่มาตรฐานตามที่หลักสูตรฐานสมรรถนะกำหนดต่อไป

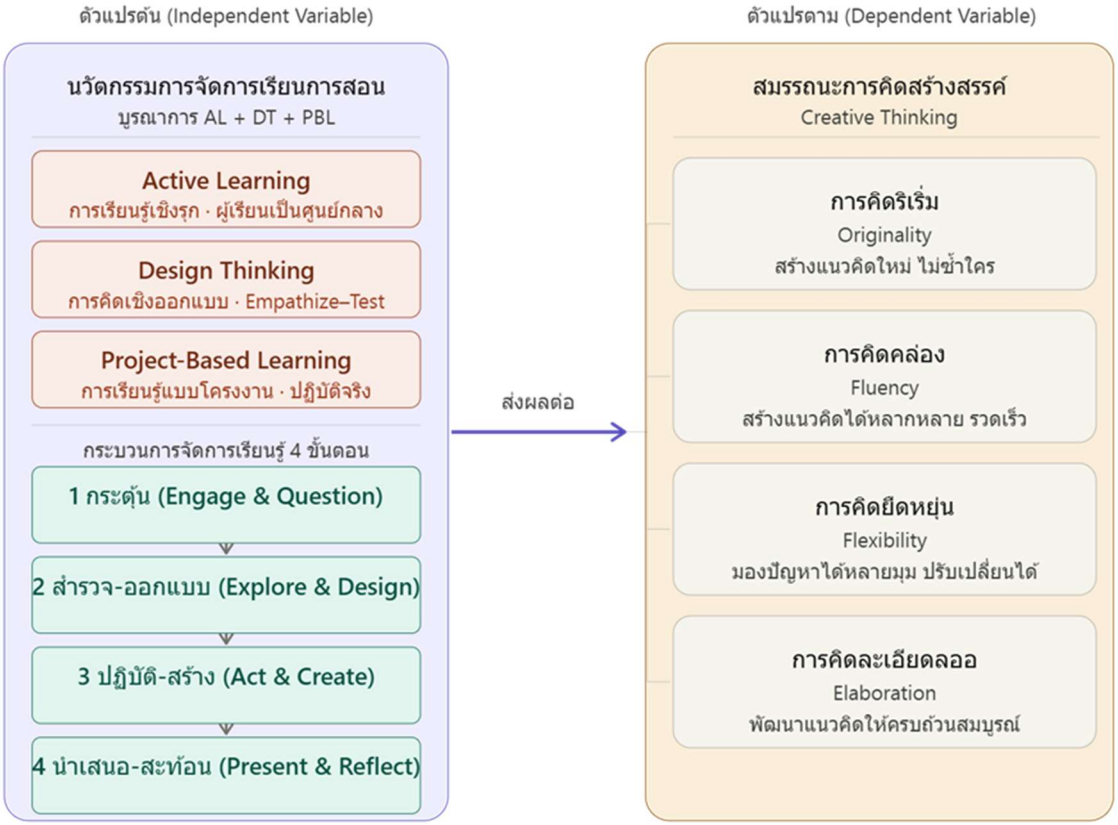
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออก เรื่อง ระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ระบบสุริยะ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ระบบสุริยะ

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมครั้งนี้ ครูผู้สอนได้บูรณาการหลักการ ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3 หลักการ ได้แก่ แนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) แนวคิดการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) และแนวคิดการเรียนรู้

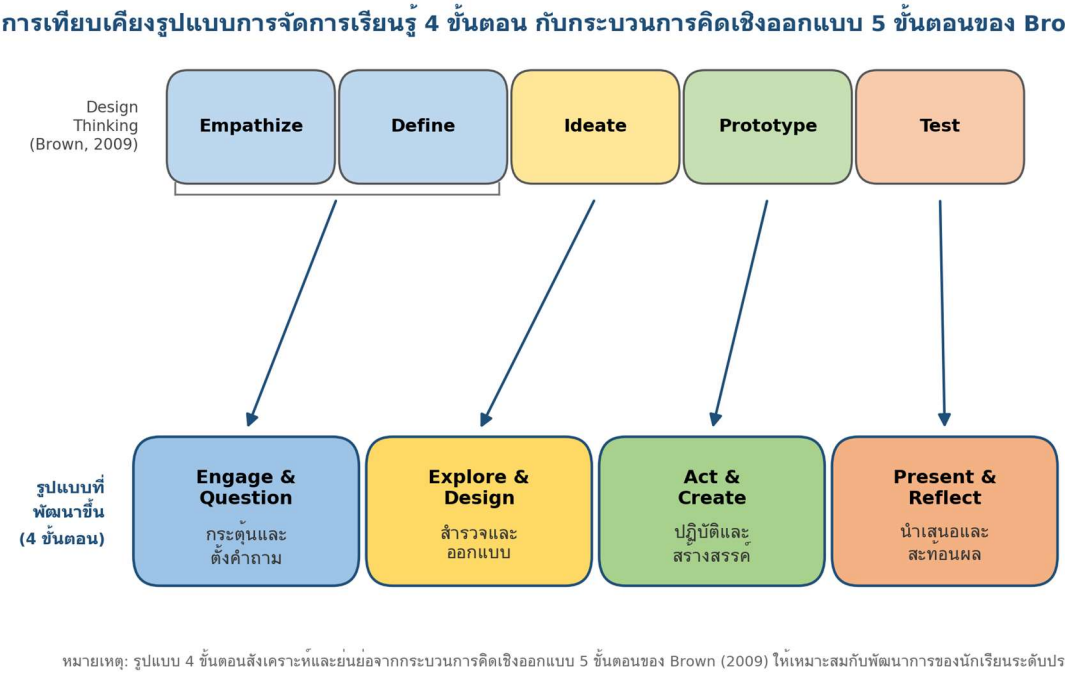
แบบโครงงาน (Project-Based Learning) โดยเชื่อมโยงกับกรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2563) และ(ร่าง) กรอบหลักสูตรฐานสมรรถนะ ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2565) เพื่อมุ่งพัฒนาสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ ของผู้เรียนระดับประถมศึกษาอย่างเป็นองค์รวม



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

หลักการ ทฤษฎี และแนวคิดทั้ง 3 หลักการที่นำมาใช้ในการพัฒนานวัตกรรมครั้งนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบและบูรณาการ โดย หลักการที่ 1 (Active Learning) ทำหน้าที่เป็นปรัชญาและวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีรากฐานจาก Constructivism ของ Piaget และ Vygotsky หลักการที่ 2 (Design Thinking) ทำหน้าที่เป็นกรอบกระบวนการคิดที่ขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกให้เป็นระบบและสอดคล้องกับองค์ประกอบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ทุกมิติ และ หลักการที่ 3 (PBL) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการ Design Thinking ให้เกิดเป็นผลผลิต (Product) ที่จับต้องได้จริง ทั้ง 3 หลักการมุ่งสู่เป้าหมายร่วมกันคือการพัฒนา สมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามกรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูงของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2563) ทั้งนี้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอนของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ 1) กระตุ้นและตั้งคำถาม (Engage and Question) 2) สำรวจและออกแบบ (Explore and Design) 3) ปฏิบัติและสร้างสรรค์ (Act and Create) และ 4) นำเสนอและสะท้อนผล (Present and Reflect) เป็นผลจากการสังเคราะห์และย่นย่อกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอนของ Brown (2009) ได้แก่ Empathize, Define, Ideate, Prototype และ Test ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาและช่วงความสนใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีการเทียบเคียงดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นและตั้งคำถาม ครอบคลุมขั้น Empathize และ Define ขั้นที่ 2 สำรวจและออกแบบ ครอบคลุมขั้น Ideate ขั้นที่ 3 ปฏิบัติและสร้างสรรค์ ครอบคลุมขั้น Prototype และขั้นที่ 4 นำเสนอและสะท้อนผล ครอบคลุมขั้น Test การสังเคราะห์ในลักษณะนี้ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการลงโดยไม่สูญเสียแก่นของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และสอดคล้องกับลักษณะการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ของผู้เรียนระดับประถมศึกษาตามทฤษฎีของ Piaget



ภาพที่ 2 การเทียบเคียงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้น กับกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอนของ Brown (2009)

วิธีดำเนินการวิจัย

ครูผู้สอนได้ดำเนินการพัฒนานวัตกรรมตามแนวทางการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยอ้างอิงกระบวนการพัฒนานวัตกรรมการศึกษาของ ชวลิต ชูกำแพง (2551) และ สุวิมล ว่องวาณิช (2558) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis Phase) การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร หลักสูตร ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก การคิดเชิงออกแบบ การเรียนรู้แบบโครงงาน และสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรม รวมถึงศึกษา (ร่าง) กรอบหลักสูตร ฐานสมรรถนะ และกรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูง (HOT) ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2563) เพื่อกำหนดเป้าหมายและเกณฑ์การพัฒนา การวิเคราะห์ผู้เรียนและบริบทการเรียนรู้ วิเคราะห์ลักษณะและพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ตามทฤษฎีของ Piaget รวมถึงวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการในการพัฒนาสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์จากผลการทดสอบเบื้องต้น (Needs Assessment) และการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน และการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้

ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และสมรรถนะที่ต้องการพัฒนา เพื่อออกแบบโครงสร้างเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรและระดับพัฒนาการของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนานวัตกรรม (Design and Development Phase) การออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบโดยกำหนดองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ หลักการและแนวคิดพื้นฐาน วัตถุประสงค์ของรูปแบบ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนโดยบูรณาการองค์ประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน สื่อและแหล่งการเรียนรู้และแนวทางการวัดและประเมินผลสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่ออกแบบขึ้น จำนวน 4 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมโดยบูรณาการองค์ประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 กระตุ้นและตั้งคำถาม (Engage and Question) ขั้นที่ 2 สำรวจและออกแบบ (Explore and Design) ขั้นที่ 3 ปฏิบัติและสร้างสรรค์ (Act and Create) และขั้นที่ 4 นำเสนอและสะท้อนผล (Present and Reflect) พร้อมทั้งกำหนดสื่อ อุปกรณ์ และวิธีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และการพัฒนาเครื่องมือประกอบนวัตกรรม ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือประกอบการจัดการเรียนรู้และการประเมินผล ดังนี้ ใบกิจกรรมโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ สำหรับให้ผู้เรียนบันทึกกระบวนการคิดในแต่ละขั้นตอน แบบประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ แบบรูบริก (Rubric) ที่ครอบคลุม 4 มิติ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวทางของ Likert

แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องระบบสุริยะตามหลักสูตรแกนกลางฯ โดยแต่ละแผนดำเนินกิจกรรมผ่าน 4 ขั้นตอนของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และมีชิ้นงานโครงงานเป็นหลักฐานการเรียนรู้สำหรับประเมินสมรรถนะการคิด

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพนวัตกรรม (Validation Phase) นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้อง ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (Try Out) ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย รายละเอียดปรากฏในหัวข้อการหาคุณภาพของนวัตกรรม

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้และประเมินผลนวัตกรรม (Implementation and Evaluation Phase) นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการวิจัย รายละเอียดปรากฏในหัวข้อการนำนวัตกรรมไปใช้ในการพัฒนา

การหาคุณภาพของนวัตกรรม ดำเนินการหาคุณภาพของนวัตกรรมตามลำดับขั้นตอน ดังนี้ การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และเครื่องมือประเมินผลทั้งหมดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมการศึกษา เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และการประเมินผล โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน กำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่า IOC ≥ 0.50 ตามแนวทางของ Rovinelli และ Hambleton (1977) พร้อมทั้งรับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และการหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยการใช้แบบประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินแบบรูบริกโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) ของ Cronbach กำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ≥ 0.70 แบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach กำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ≥ 0.70 เช่นเดียวกัน

การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม (Efficiency) หาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สูตร E_1/E_2 ตามแนวทางของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพไว้ที่ 80/80 ซึ่งมีความหมายดังนี้ E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผลการทำกิจกรรมระหว่างเรียนในใบกิจกรรม และชิ้นงานโครงงานทุกชิ้นคิดเป็นร้อยละ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และ E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้ ครูผู้สอนดำเนินการหาประสิทธิภาพตามลำดับขั้นตอน 3 ระยะ ได้แก่ การทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) กับนักเรียน 3 คน การทดลองแบบกลุ่มเล็ก (1:10) กับนักเรียน 9 คน และการทดลองภาคสนาม (Field Tryout) กับกลุ่มเป้าหมายจริง จำนวน 29 คน จากนั้นนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขในแต่ละระยะจนได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ในการนำนวัตกรรมไปใช้ในการพัฒนา/แก้ปัญหา มีรูปแบบการวิจัยการนำนวัตกรรมไปใช้ในการพัฒนาและแก้ปัญหาครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experiment) แบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว โดยการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) ตามขั้นตอนที่แสดงดังตารางที่ 1 (ชวลิต ชูกำแพง, 2553: 66)

ตารางที่ 1 แสดงแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง

O_1 Pre-test ทดสอบก่อนเรียน	X Treatment ให้ตัวแปรในการทดลอง	O_2 Post-test การทดสอบหลังเรียน

เมื่อ O_1 หมายถึง การวัดผลก่อนการทดลองกับกลุ่มทดลอง

O_2 หมายถึง การวัดผลหลังการทดลองกับกลุ่มทดลอง

X หมายถึง ให้ตัวแปรในการทดลอง

ขั้นตอนการนำนวัตกรรมไปใช้ เริ่มจากการเตรียมความพร้อม ครูผู้สอนชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น แนะนำกระบวนการ Design Thinking และรูปแบบการทำโครงงานให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน จัดเตรียมสื่ออุปกรณ์ และใบกิจกรรมให้พร้อม จากนั้นดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์เป็นข้อมูลพื้นฐาน และการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 4 แผน โดยแต่ละแผนดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนได้บูรณาการกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอนของ Design Thinking นอกจากนี้ดำเนินการวัดและประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้ เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้ ทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดียวกับก่อนเรียน ประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ด้วยแบบประเมินแบบรูบริกจากชิ้นงานโครงงานและพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรม และสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิจัย

จากการหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่องระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน โดยใช้สูตร E_1/E_2 ตามแนวทางของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.17/85.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 80/80 ในทั้งสองด้าน เมื่อพิจารณาในรายละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ

วัตถุประสงค์	สถิติที่ใช้	เกณฑ์การตัดสิน	ผลที่ได้จริง
ประสิทธิภาพนวัตกรรม	E_1/E_2	≥ 80/80	84.17/85.52
เปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ก่อน–หลังเรียน	t-test แบบ Dependent Samples	นัยสำคัญทางสถิติ $p < .05$	$t = 21.46$, $p < .001$
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบเกณฑ์	ร้อยละ และ t-test แบบ One Sample	≥ ร้อยละ 70	ร้อยละ 85.52
ความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	$\bar{x} \geq 3.51$	4.79 (SD = 0.24)

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) มีค่าเท่ากับ 84.17 หมายความว่า นักเรียนสามารถทำกิจกรรมระหว่างเรียน ใบกิจกรรมโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบทั้ง 4 แผน และชิ้นงานสร้างสรรค์ ที่เกิดจากกระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ Engage & Question, Explore & Design, Act & Create และ Present & Reflect ได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 84.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำพาผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ระหว่างกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่า E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) มีค่าเท่ากับ 85.52 หมายความว่า นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 25.66 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 80 เช่นกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องระบบสุริยะอยู่ในระดับที่ดีมากหลังจากเรียนด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่า E_1/E_2 กับเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ค่าประสิทธิภาพ	ความหมาย	ผลที่ได้	เกณฑ์	ผลการเปรียบเทียบ
E_1	ประสิทธิภาพของกระบวนการ	84.17	80	ผ่านเกณฑ์
E_2	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์	85.52	80	ผ่านเกณฑ์
E_1/E_2	ประสิทธิภาพโดยรวม	84.17/85.52	80/80	ผ่านเกณฑ์

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์แบบรูบริก (Rubric) ครอบคลุม 4 มิติ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ พบว่า นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์หลังเรียน ($\bar{x}$ = 35.48, SD = 2.14) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 22.31, SD = 3.07) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 21.46, df = 28, p < .001) และเมื่อคำนวณขนาดอิทธิพล (Effect Size) ด้วยสูตร Cohen's d สำหรับกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระ (d = t/√n) พบว่ามีค่าเท่ากับ 3.99 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขนาดอิทธิพลสูงมาก (d ≥ 0.80) ของ Cohen (1988) อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีนัยสำคัญทั้งทางสถิติและทางปฏิบัติ (Practical Significance) โดยมีรายละเอียดคะแนนในแต่ละมิติ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

มิติสมรรถนะ	**ก่อนเรียน ($\bar{x}$)**	**หลังเรียน ($\bar{x}$)**	**พัฒนาขึ้น**
ความคิดคล่อง	5.48	8.72	+3.24
ความคิดยืดหยุ่น	5.62	9.03	+3.41
ความคิดริเริ่ม	5.83	8.90	+3.07
ความคิดละเอียดลออ	5.38	8.83	**+3.45**
รวม (เต็ม 48)	**22.31**	**35.48**	**+13.17**

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 มิติสูงขึ้นอย่างชัดเจน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Brown (2009) ที่ยืนยันว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์และหลากหลายมิติอย่างแท้จริง

ทั้งนี้ เมื่อตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์แบบรูบริก (12 ข้อย่อย ครอบคลุม 4 มิติ) จากข้อมูลคะแนนรายข้อย่อยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 29 คน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าเท่ากับ 0.875 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับดีมาก (≥ 0.70) แสดงว่าแบบประเมินรูบริกที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องภายในสูง โดยมีค่าแอลฟารายมิติ ดังนี้ มิติความคิดคล่อง (α = 0.302) มิติความคิดยืดหยุ่น (α = 0.702) มิติความคิดริเริ่ม (α = 0.817) และมิติความคิดละเอียดลออ (α = 0.776) ทั้งนี้ ค่าแอลฟาของมิติที่ 1 ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์เป็นผลจากความแปรปรวนของข้อย่อยในมิตินี้มีค่าต่ำ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดคล่องในระดับสูงสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามค่าความเชื่อมั่นโดยรวมทั้งฉบับยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ระบบสุริยะ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ของลิเคิร์ท ครอบคลุม 5 ด้าน จำนวน 25 ข้อ ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจรายด้านที่ประเมิน

ลำดับที่	ด้นที่ประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
1	ด้านที่ 1 กิจกรรมและกระบวนการจัดการเรียนรู้ (4 ขั้นตอน)	4.82	0.21	มากที่สุด	2
2	ด้านที่ 2 กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)	4.77	0.26	มากที่สุด	4
3	ด้านที่ 3 การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning)	4.79	0.23	มากที่สุด	3
4	ด้านที่ 4 สื่อ อุปกรณ์ และบทบาทครูผู้สอน (Facilitator)	4.75	0.27	มากที่สุด	5
5	ผลที่ได้รับและความรู้สึกโดยรวม	4.83	0.20	มากที่สุด	1
6	ภาพรวมทั้งหมด	4.79	0.24	มากที่สุด	-

หมายเหตุ : เกณฑ์การแปลความหมาย 4.51–5.00 = มากที่สุด | 3.51–4.50 = มาก | 2.51–3.50 = ปานกลาง | 1.51–2.50 = น้อย | 1.00–1.50 = น้อยที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.79, S.D. = 0.24) ในทุกด้าน ทั้งนี้ ด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงที่สุด คือ ด้านผลที่ได้รับ และความรู้สึกโดยรวม ($\bar{x}$ = 4.83) รองลงมาคือ ด้านกิจกรรมและกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ($\bar{x}$ = 4.82) ด้านการเรียนรู้แบบโครงงาน ($\bar{x}$ = 4.79) ด้านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.77) และด้านสื่อ อุปกรณ์ และบทบาทครูผู้สอน ($\bar{x}$ = 4.75) ตามลำดับแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับสูง สอดคล้องกับแนวคิดของ Bonwell and Eison (1991) ที่ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันส่งผลต่อความพึงพอใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ทั้งนี้ เมื่อตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ (25 ข้อ) จากข้อมูลคะแนนรายข้อของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 29 คน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าเท่ากับ 0.251 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยทั่วไป (≥ 0.70) เมื่อตรวจสอบการกระจายของคะแนนรายข้อพบว่าร้อยละ 93.5 ของคำตอบทั้งหมด อยู่ในระดับ 4-5 จากมาตราส่วน 5 ระดับ อันเป็นลักษณะ Ceiling Effect ที่พบได้บ่อยในแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนระดับประถมศึกษาภายหลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างความพึงพอใจสูง ซึ่งภาวะดังกล่าวทำให้ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อมีค่าต่ำ ส่งผลให้สัมประสิทธิ์แอลฟาไม่สามารถสะท้อนความสอดคล้องภายในของเครื่องมือได้อย่างเต็มศักยภาพ แม้นักเรียนจะให้คะแนนความพึงพอใจในระดับสูงสอดคล้องกันโดยภาพรวมก็ตาม (Taber, 2018) อย่างไรก็ตาม แบบสอบถามฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง จึงมีความเหมาะสมในเชิงเนื้อหา โดยข้อจำกัดด้านค่าความเชื่อมั่นเชิงสถิตินี้ ผู้วิจัยได้ระบุไว้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยครั้งต่อไป

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ประการ ได้แก่ (1) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (2) การเปรียบเทียบสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์

ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และ (3) การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยมีการเชื่อมโยงผลการวิจัยกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ระบบสุริยะ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.17/85.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ ผลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบและขั้นตอนที่สมบูรณ์ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และการทดลองแบบเป็นขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียน สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิผลทั้งในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ (E_1) และผลลัพธ์การเรียนรู้ (E_2) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ของ Bonwell and Eison (1991) ที่ระบุว่าการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง คิด และสร้างสรรค์งานด้วยตนเอง ย่อมส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและมีประสิทธิภาพสูงกว่าการรับฟังการบรรยายเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) ของ Dewey (1938) ที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงและการแก้ปัญหาในบริบทที่มีความหมาย รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิศนา แขมมณี (2561) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างแข็งขัน ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สูงกว่าเกณฑ์ยังเป็นผลมาจากการที่รูปแบบดังกล่าว นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) 5 ขั้นตอน ของ Brown (2009) มาบูรณาการ ได้แก่ Empathize, Define, Ideate, Prototype และ Test ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงกัน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างเป็นระบบและสามารถสร้างชิ้นงานที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับที่ ไปรมา อิศรเสนา ณ อยุธยาและชูจิต ตรีรัตนพันธ์ (2560) กล่าวว่ากระบวนการ Design Thinking เป็นกระบวนการที่มีพลังในการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดสร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สมรรถนะการคิดสร้างสรรค์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 21.46$, $p < .001$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 35.48$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 22.31$) ทั้งในภาพรวมและในทุกมิติย่อย ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ผลที่เกิดขึ้นสามารถอภิปรายได้ดังนี้

ประการแรก ผลการพัฒนาสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการ Design Thinking ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้น Ideate ที่เน้นการระดมความคิดอย่างอิสระ ซึ่งส่งเสริมความคิดคล่องและความคิดริเริ่มโดยตรง และขั้น Prototype ที่ให้นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานจริง ซึ่งส่งเสริมความคิดละเอียดลออ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรมะ แก้วพวง และ ชวลิต ชูกำแพง (2567) ที่พบว่ากระบวนการ Design Thinking ส่งผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยเฉพาะในมิติความคิดคล่องและความคิดริเริ่ม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-Analysis) ของ Bhadra (2025) และการศึกษาหลักสูตร Empathy Design Thinking ในระดับประถมศึกษาของ Liu et al. (2024) ที่ยืนยันว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบส่งเสริมความคล่องและความยืดหยุ่นทางความคิดของผู้เรียนระดับประถมศึกษาในบริบทนานาชาติเช่นเดียวกัน

ประการที่สอง พัฒนาการด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดละเอียดลออที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการรูปแบบการจัดการเรียนรู้กำหนดให้นักเรียนต้องนำเสนอชิ้นงาน รับฟังข้อเสนอแนะ และปรับปรุงชิ้นงานในขั้น Test ซึ่งกระบวนการดังกล่าวบังคับ

ให้นักเรียนต้องปรับมุมมองและเพิ่มเติมรายละเอียดของงานอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับกรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking: HOT) ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2563) ที่ระบุว่าการคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องผ่านกิจกรรมที่ท้าทายและมีความหมาย

ประการที่สาม ผลการวิจัยสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่ระบุว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational Stage) สามารถพัฒนาความสามารถด้านการคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อได้รับการเรียนรู้ ผ่านการปฏิบัติจริงกับวัสดุและสถานการณ์ที่จับต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับการที่รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานต้นแบบจริง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ สื่ออินโฟกราฟิก และนิทรรศการดาราศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ อันเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับ พัฒนาการของผู้เรียนในระดับนี้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์ และคณะ (2563) ที่พบว่าการเรียนรู้แบบโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบส่งผลให้ นักเรียนระดับประถมศึกษามีสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3 . ความพึงพอใจของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.79, SD = 0.24) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ $\bar{x} \geq$ 3.51 ผลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่า กระบวนการ Design Thinking ที่บูรณาการกับการเรียนรู้แบบโครงงาน ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าตนมีความเป็นเจ้าของการเรียนรู้ (Ownership of Learning) และมีคุณค่าในฐานะผู้สร้างสรรค์ความรู้ มิใช่เพียงผู้รับความรู้จากครู ความรู้สึกดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อความพึงพอใจและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุด ได้แก่ ด้านผลที่ได้รับและความรู้สึกโดยรวม ($\bar{x}$ = 4.83) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู (2562) ที่พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษามีความพึงพอใจสูงต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการปฏิบัติจริงและการสร้างชิ้นงาน มากกว่าการเรียนแบบท่องจำ และสอดคล้องกับแนวคิด Experiential Learning ของ Dewey (1938) ที่เน้นว่าการเรียนรู้ที่ดีที่สุดเกิดจากประสบการณ์จริง (Learning by Doing) นอกจากนี้ความพึงพอใจในระดับสูงยังสะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สามารถแก้ปัญหาความเบื่อหน่ายในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิผล ซึ่งตรงกับปัญหาที่ครูผู้สอนพบก่อนการพัฒนานวัตกรรม กล่าวคือนักเรียนมีแนวโน้มเบื่อหน่ายเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาเน้นการท่องจำข้อเท็จจริงมากกว่าการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผลดังกล่าวสนับสนุนแนวทางการพัฒนาการศึกษาตาม (ร่าง) กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2565) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสุขและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ความใหม่และคุณค่าเชิงนวัตกรรมของงานวิจัย

แม้การบูรณาการ Active Learning, Design Thinking และ Project-Based Learning จะปรากฏในงานวิจัยไทยหลายชิ้นมาก่อน (ปรมะ แก้วพวง และ ชวลิต ชูกำแพง, 2567; ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์ และคณะ, 2563) แต่งานวิจัยนี้มีคุณค่าและความใหม่ที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาในสามประเด็นหลัก ประการแรก เป็นงานวิจัยเชิง R&D ชิ้นแรกในบริบทไทยที่นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหา “ระบบสุริยะ” ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยเฉพาะ ซึ่งเป็นเนื้อหาดาราศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมสูงและพบปัญหาการเรียนรู้แบบท่องจำอย่างชัดเจนในบริบทห้องเรียนจริง ประการที่สอง งานวิจัยนี้เสนอการสังเคราะห์กระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอนของ Brown (2009) ให้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนที่กระชับและเหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาและช่วงความสนใจของผู้เรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นการลดความซับซ้อน

ของกระบวนการโดยไม่สูญเสียแก่นของแนวคิด อันเป็นแนวทางที่ยังไม่ปรากฏชัดเจนในงานวิจัยที่ผู้วิจัยอ้างอิงข้างต้น ประการที่สาม ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือประเมินสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์แบบรูบริก 4 มิติที่ออกแบบเฉพาะสำหรับการประเมินชิ้นงานโครงงานดาราศาสตร์ (เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ สื่ออินโฟกราฟิก) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นใหม่และสอดคล้องกับบริบทของเนื้อหาวิชาโดยเฉพาะ มิใช่การปรับใช้เครื่องมือประเมินความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

สรุปผล

รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกด้วยโครงงานฐานการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ระบบสุริยะ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (E_1/E_2 = 84.17/85.52) ส่งผลให้นักเรียนมีสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการใช้นวัตกรรม และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.79) ผลการวิจัยนี้ยืนยันว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ที่บูรณาการกับการเรียนรู้เชิงรุกและการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับประถมศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรมะ แก้วพวง และ ชวลิต ชูกำแพง (2567) และ ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์ และคณะ (2563) ที่ยืนยันว่ากระบวนการคิดเชิงออกแบบส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ครูผู้สอนมุ่งหวังให้นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นต้นแบบสำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาในการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนควรจัดสรรเวลาให้เหมาะสมกับแต่ละขั้นตอน จากผลการวิจัยพบว่า ขั้นที่ 2 สำรวจและออกแบบ (Explore and Design) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องการเวลาและการสนับสนุนจากครูมากที่สุด ดังนั้นครูควรจัดสรรเวลาในขั้นนี้อย่างน้อยร้อยละ 35 ของเวลาเรียนทั้งหมด และเตรียมคำถามกระตุ้นความคิด (Provocative Questions)

1.2 การออกแบบชิ้นงานโครงงานให้เปิดกว้างและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ชิ้นงานที่มอบหมายควรเป็นปัญหาปลายเปิดที่ไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดเพียงคำตอบเดียว เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานที่หลากหลาย และแสดงศักยภาพที่แตกต่างกันตามบุคลิกภาพและความถนัดของแต่ละคน

1.3 สร้างบรรยากาศห้องเรียนที่ปลอดภัยต่อการเสี่ยงทางความคิด การพัฒนาความคิดริเริ่ม (Originality) ต้องการสภาพแวดล้อมที่นักเรียนรู้สึกปลอดภัยที่จะนำเสนอแนวคิดแปลกใหม่โดยไม่กลัวการถูกปฏิเสธ ครูควรให้การชื่นชมและตอบรับทุกแนวคิดอย่างสร้างสรรค์ในช่วง Ideation ก่อนที่จะคัดเลือกแนวทางที่ดีที่สุด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ประยุกต์รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาและกลุ่มสาระอื่น ควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน (Engage & Question ⟶ Explore & Design ⟶ Act & Create ⟶ Present & Reflect) ไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น เช่น สังคมศึกษา คณิตศาสตร์ หรือศิลปะ และระดับชั้นอื่น

2.2 พัฒนาและบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ควรศึกษาการบูรณาการเครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น แอปพลิเคชันสร้างสรรค์ สื่อ AR/VR จำลองระบบสุริยะ หรือแพลตฟอร์ม Collaborative Online Tools เข้ากับกระบวนการ Design Thinking เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและแรงจูงใจของผู้เรียนในยุคดิจิทัล

2.3 พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น ควรพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ที่ผสมผสานทั้งวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึก การบันทึกภาพและวิดีโอกระบวนการคิด การวิเคราะห์ผลงานเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ภาพรวมที่สมบูรณ์ของสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

2.4 ปรับปรุงคุณภาพเชิงจิตมิติของแบบสอบถามความพึงพอใจ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจในการวิจัยครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ อันเนื่องมาจาก Ceiling Effect ของข้อมูล การวิจัยครั้งต่อไปจึงควรปรับข้อความให้มีความสามารถจำแนก (Discrimination) ระหว่างผู้ตอบมากขึ้น เช่น การเปลี่ยนจากข้อความเชิงบวกล้วนเป็นข้อความเชิงเปรียบเทียบหรือสถานการณ์ที่ท้าทายกว่าเดิม ขยายมาตราส่วนการวัดเป็น 7 ระดับ หรือเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากกว่า 30 คน เพื่อให้การประมาณค่าความเชื่อมั่นทางสถิติมีความเสถียรและมีอำนาจจำแนกที่ดีขึ้น

2.5 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพุทธิโศภน จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นห้องเรียนที่ครูผู้วิจัยรับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยตรง และเป็นกลุ่มนักเรียนที่พบปัญหาด้านความเข้าใจเนื้อหาระบบสุริยะและสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ตามที่ระบุไว้ในส่วนความเป็นมาของปัญหา ซึ่งแม้จะให้ความเหมาะสมเชิงบริบทกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยเชิง R&D ในการพัฒนาและทดลองใช้นวัตกรรม แต่จึงอาจส่งผลต่อความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปสู่บริบทอื่น ๆ ควรทำการวิจัยซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดและความหลากหลายบริบทที่มากขึ้น เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปขยายผลในวงกว้าง ตลอดจนควรมีการศึกษาผลระยะยาว (Longitudinal Study) เพื่อตรวจสอบว่าสมรรถนะการคิดสร้างสรรค์ที่พัฒนาขึ้นมีความคงทนในระยะยาวเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจาก ขอบพระคุณ คณะผู้เชี่ยวชาญ ที่สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณ ผู้บริหารโรงเรียนพุทธิโศภน ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริม และเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนได้พัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้อย่างเต็มที่ รวมทั้งอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ เวลา และทรัพยากรที่จำเป็นตลอดกระบวนการพัฒนา ขอขอบพระคุณ คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพุทธิโศภน ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้กำลังใจผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community : PLC) ตลอดระยะเวลาการพัฒนานวัตกรรม และที่สำคัญที่สุด ขอขอบคุณ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนพุทธิโศภนทุกคน ที่ตั้งใจเรียน ให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความกระตือรือร้น และสร้างสรรค์ผลงานโครงงานระบบสุริยะที่น่าภาคภูมิใจ นักเรียนทุกคนคือแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้นวัตกรรมนี้บรรลุเป้าหมายได้อย่างสมบูรณ์คุณค่าและประโยชน์ทั้งหมดที่เกิดจากนวัตกรรมนี้ ผู้พัฒนาขอมอบแด่บุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวนามข้างต้น ตลอดจนครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

ชวลิต ชูกำแพง. (2551). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*: ทีคิวพี จำกัด.

ชวลิต ชูกำแพง. (2553). *การวิจัยหลักสูตรและการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัยมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 5(1), 1–20.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 26). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภาพร กุลสมบูรณ์ และ สุวิมล ว่องวาณิช. (2565). Active Learning: จากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสู่ปรัชญาและทฤษฎีรากฐานตั้งทิศให้ถูก เพื่อไม่ทิ้งครูให้หลงทางอีกต่อไป. *คุรุสภาวิทยาจารย์*, 3(2), 1-16.

ปรมะ แก้วพวง และ ชวลิต ชูกำแพง. (2567). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การคิดเชิงออกแบบทางการศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,* 18(4), 191–205.

ไปรมา อิศรเสนา ณ อยุธยา และ ชูจิต ตรีรัตนพันธ์. (2560). *การคิดเชิงออกแบบ: เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ.* (Design thinking: Learning by doing). http://resource.tcdc.or.th/ebook/Design. Thingking. Learning. by.Doing.pdf

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข, และ พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์. (2566). *การเรียนรู้เชิงรุกเสริมสร้างสมรรถนะ*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภุชงค์ โรจน์แสงรัตน์, ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์, และปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ. (2563). การพัฒนารูปแบบ การสอนโดยใช้แนวคิดการคิดเชิงออกแบบเป็นฐานเพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่ปรากฏอัตลักษณ์ไทยสำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 48(3), 258-273.

วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู. (2562). การจัดการเรียนรู้ Active Learning ให้สำเร็จ. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 9(1), 135-145.

วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21*. ส.เจริญการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2565). *(ร่าง) กรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช .... ระดับประถมศึกษา.* กระทรวงศึกษาธิการ. https://cbethailand.com/

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2563). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน: กรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูง*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. https://academic.obec.go.th

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579*. พริกหวานกราฟฟิค. https://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1504

สุมิตรา บูชา และ สุมาลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาโดยใช้การคิดเชิงออกแบบ ร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์, 7*(12), 210–221.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2558). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 17). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579*. พริกหวานกราฟฟิค. https://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1504

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2563). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน: กรอบสมรรถนะการคิดขั้นสูง*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. https://academic.obec.go.th

Bhadra, J. (2025). A meta-analysis to explore the role of design thinking in enhancing creativity as learning outcomes in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education, 36*(2), 919–949. https://doi.org/10.1007/s10798-025-10005-2

Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. ERIC Clearinghouse on Higher Education. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf

Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.

Buck Institute for Education. (2019). *PBLworks: Gold standard PBL*. https://www.pblworks.org

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Macmillan.

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill.

Liu, W., Huang, R., Wang, J., Chen, Y., Ohashi, T., Li, B., Liu, Y., Qiu, D., Yu, R., Zhang, J., Al Mahmud, A., & Leifer, L. (2024). Empathy design thinking: Cultivating creative minds in primary education. *Frontiers in Education, 9*, Article 1376305. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1376305

Partnership for 21st Century Learning. (2019). *Framework for 21st century learning*. https://battelleforkids.org/networks/p21

Rovinelli, R. J., and Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Dutch Journal of Educational Research, 2*, 49–60.

Piaget, J. (1970). Piaget's theory. In P. H. Mussen (Ed.), *Carmichael's manual of child psychology*. Wiley.

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education, 48*(6), 1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

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

Zhu, L., Shu, L., Tian, P., Sun, D., & Luo, M. (2025). Facilitating students' design thinking skills in science class: An exploratory study. *International Journal of Science Education, 47*(1), 23–44. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2309658

Çavuş, E., İdil, Ş., & Dönmez, İ. (2025). Effects of a design-based research approach on fourth-grade students' critical thinking, problem-solving skills, computational thinking, and creativity self-efficacy. *International Journal of Technology and Design Education, 36*(1), 41–61. https://doi.org/10.1007/s10798-025-09989-8