

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้หลักสูตร
STEAM4INNOVATOR เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์
นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*
PROBLEM-BASED LEARNING MANAGERMENT USING STEAM4INNOVATOR
CURRICULUM TO DEVELOP PROBLEM-SOLVING SKILLS AND INNOVATIVE CREATIVE
THINKING SKILLS OF GRADE 8 STUDENTS

มนทกาน อรรถสงเคราะห์¹, จารึก อรรถสงเคราะห์^{2*}

Montakan Atthasongkhro¹, Jaruek Atthasongkhro^{2*}

¹โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี ประเทศไทย

¹Prince of Songkla University Demonstration School (Secondary), Prince of Songkla University, Pattani, Thailand

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี ประเทศไทย

²Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani, Thailand

*Corresponding author E-mail: jareuck.a@psu.ac.th

*Tel: 086-712-5060

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR 2) ศึกษาทักษะการคิดแก้ปัญหา 3) ศึกษาทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม 4) ศึกษาผลการสะท้อนคิด และ 5) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างกล่าว กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 110 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR แบบประเมินทักษะการคิดแก้ปัญหา แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามสะท้อนคิด วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.71 ± 0.26 นักเรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง นักเรียนมีความพึงพอใจและมีการเรียนรู้เชิงบวก โดยเฉพาะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง นอกจากนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งสองหน่วยการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหน่วยการเรียนรู้เรื่องขยะมูลฝอยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 6.05 ± 2.40 เป็น 7.08 ± 2.54

และหน่วยการเรียนรู้เรื่องมลพิษมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 4.61 ± 2.39 เป็น 7.69 ± 1.86 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR สามารถส่งเสริมสมรรถนะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, ทักษะการคิดแก้ปัญหา, ทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

This research article aimed to 1) Develop a learning management approach using problem-based learning in conjunction with the STEAM4INNOVATOR curriculum; 2) Study problem-solving thinking skills; 3) Study innovative creative thinking skills; 4) Study reflective thinking outcomes; and 5) Study the learning achievement of students who received the aforementioned learning management approach. The sample consisted of 110 Grade 8 students. The research instruments included lesson plans based on problem-based learning in conjunction with the STEAM4INNOVATOR curriculum, a problem-solving thinking skills assessment form, an innovative creative thinking skills assessment form, a learning achievement test, and a reflective thinking questionnaire. The data were analyzed using mean, standard deviation, t-test, and one-way repeated measures analysis of variance. The research findings revealed that the learning management approach using problem-based learning in conjunction with the STEAM4INNOVATOR curriculum for developing problem-solving thinking skills and innovative creative thinking skills was of very good quality, with an overall mean score of 3.71 ± 0.26 . Students' problem-solving thinking skills and innovative creative thinking skills continuously improved. Students were satisfied and demonstrated positive learning experiences, particularly in analytical thinking, problem solving, teamwork, and connecting knowledge to real-life situations. In addition, students' post-learning achievement scores were significantly higher than their pre-learning achievement scores in both learning units. In the learning unit on solid waste, the mean score increased from 6.05 ± 2.40 to 7.08 ± 2.54 , while in the learning unit on pollution, the mean score increased from 4.61 ± 2.39 to 7.69 ± 1.86 . These findings indicate that problem-based learning in conjunction with the STEAM4INNOVATOR curriculum can effectively promote students' learning competencies and innovative creativity.

Keywords: Problem-Based Learning, Problem-Solving Skills, Innovative Creative Thinking Skills, Learning Achievement

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 โลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและไม่แน่นอน ทั้งจากความขัดแย้งระหว่างประเทศ ปัญหาเศรษฐกิจ การเมือง ภัยพิบัติทางธรรมชาติ และวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของโรคภัยร้ายแรง Schwab, K. เรียกยุคนี้ว่า “การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4” ซึ่งมีการหลอมรวมของเทคโนโลยีดิจิทัล ชีวภาพ และกายภาพ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างพลิกผันในหลายอุตสาหกรรม (Schwab, K., 2017) สถานการณ์เหล่านี้ส่งผลให้ทักษะการคิดแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์กลายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ (UNESCO, 2021); (World Economic Forum, 2020) การส่งเสริมและพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมมีความสำคัญอย่างมากในการเตรียมความพร้อมให้กับเยาวชนเพื่อรับมือกับความท้าทายในอนาคต นวัตกรรมในสาขาวิทยาศาสตร์ การแพทย์ อุตสาหกรรม การเกษตร และการศึกษา เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ชุมชน องค์กร หรือประเทศสามารถยืนหยัดแข่งขันบนเวทีโลกได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน (OECD, 2019) ด้วยเหตุนี้การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องปรับปรุงหลักสูตรและวิธีการจัดการเรียนรู้ให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม การค้นคว้า ออกแบบ และปฏิบัติจริง นำไปสู่นวัตกรรม การสร้างมูลค่าเพิ่มและการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม ในบริบทของประเทศไทย พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2562) และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ได้กำหนดคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ให้มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และการสร้างสรรค์นวัตกรรม (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 4), 2562); (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนา “ทักษะแห่งอนาคต (Future Skills)” ที่เสนอโดยสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2564) อย่างไรก็ตามสำนักรับรองมาตรฐานและการประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) พบว่า นักเรียนไทยมีทักษะการคิดอยู่ในระดับตื้นๆ สอดคล้องกับผลการประเมิน Programme for International Student Assessment 2018 (PISA 2018) ที่พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) โดยเฉพาะในด้านการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) นอกจากนี้ ผลการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนเพียงร้อยละ 10 - 15 ที่สามารถสร้างสรรค์โครงงานวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยและสามารถวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลองได้อย่างชัดเจน และพบว่า งานวิจัยหลายชิ้นส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การศึกษาในระดับอุดมศึกษาและการพัฒนาทักษะในสายอาชีพ แต่การศึกษาที่เน้นกลุ่มเป้าหมายระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเทศไทยมีน้อย ซึ่งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นช่วงสำคัญของการพัฒนาทางความคิด จึงมีความสำคัญที่จะทำการศึกษาในช่วงอายุนี้

การจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ (Savery, J., 2015) โดย PBL เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาในโลกจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และการทำงานเป็นทีม (ทิตนา แคมมณี, 2560) งานวิจัยในประเทศไทยหลายชิ้นได้แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของ PBL ในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น งานวิจัยของ โยทะกา อันทะหาว และสิทธิ พลอาจอินทร์



พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยนักเรียนทั้งหมดสามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้อย่างสมบูรณ์ (โยทะกา อันทะหาว และสิทธิ พลอาจอินทร์, 2567) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีความสนใจในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ ลือชา ลดาชาติ และคณะ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเฉพาะในด้านความคิดริเริ่มและความคิดยืดหยุ่น (ลือชา ลดาชาติ และคณะ, 2562)

หลักสูตร STEAM4INNOVATOR ที่พัฒนาโดยสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) นำเสนอกระบวนการสร้างนวัตกรรมที่ผสมผสานทักษะด้าน Soft skill ที่จำเป็นสำหรับนวัตกรรม ผ่านกระบวนการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) Insight รู้ลึก รู้จริง 2) Wow! Idea คิดสร้างสรรค์ไอเดีย 3) Business Model แผนพัฒนาธุรกิจ และ 4) Production & Diffusion การผลิตและการกระจาย (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2562) หลักสูตรนี้ยังประยุกต์ใช้องค์ความรู้การพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวม BCG Economy ในการจัดการเรียนรู้

เนื่องจากหลักสูตร STEAM4INNOVATOR มีจุดเน้นเรื่องการสร้างมูลค่าเพิ่มและการประยุกต์ใช้ BCG Economy ซึ่งสอดคล้องอย่างยิ่งกับบริบทปัญหาสิ่งแวดล้อมในชุมชน เช่น ขยะมูลฝอยและมลพิษ ที่จำเป็นต้องอาศัยการคิดแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นโอกาสในการบูรณาการการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาออกแบบเทคโนโลยีและการแก้ปัญหา 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาขยะมูลฝอยหรือมลพิษต่าง ๆ ที่เกิดจากการดำรงชีวิตของมนุษย์ และรับมือกับความท้าทายในโลก VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) (Bennett, N. & Lemoine, G. J., 2014) การวิจัยนี้จึงมีความสำคัญในการพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และเป็นแนวทางในการยกระดับคุณภาพการศึกษาไทย เพื่อเตรียมความพร้อมให้เยาวชนเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ สร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาได้จริงและรับมือกับความท้าทายในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 4 ว่าด้วยการศึกษาที่มีคุณภาพ และเป้าหมายที่ 9 ว่าด้วยอุตสาหกรรม นวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐาน (United Nations, 2015)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา)
2. เพื่อศึกษาทักษะการคิดแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR
3. เพื่อศึกษาทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR

4. เพื่อศึกษาผลการสะท้อนคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR

5. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดหลายครั้งตามอนุกรมเวลา หรือ One Group Time-series Design เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดแก้ปัญหา และทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) จำนวน 110 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 3 แผน ใช้เวลา 11 สัปดาห์ รวม 22 คาบ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทุกฉบับผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้แก่ แบบประเมินทักษะการคิดแก้ปัญหา จำนวน 4 ชุด แต่ละชุดมีค่า CVI เท่ากับ 1.0 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 - 0.8 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21 - 1.00 ค่าความเชื่อมั่น KR20 เท่ากับ 0.8 แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม จำนวน 1 ชุด มีค่า CVI เท่ากับ 1.0 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 3 ชุด โดยแบบทดสอบนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR มีค่า CVI เท่ากับ 1.0 แบบทดสอบเรื่องเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยและแบบทดสอบบทเรื่องเทคโนโลยีการจัดการมลพิษ มีค่า CVI เท่ากับ 1.0 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.2 - 0.8 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21 - 1.00 ค่าความเชื่อมั่น KR20 เท่ากับ 0.8 และแบบสอบถามสะท้อนคิด จำนวน 1 ชุดมีค่า CVI เท่ากับ 1.0

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการเป็น 4 ครั้ง ตลอดกระบวนการทดลอง โดยครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบก่อนเรียนและประเมินทักษะเบื้องต้น ครั้งที่ 2 - 4 เป็นการประเมินหลังการจัดกิจกรรมในแต่ละช่วง ประกอบด้วย การทดสอบผลสัมฤทธิ์ การประเมินทักษะการคิดแก้ปัญหา การประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมจากตนเอง เพื่อน และครู รวมถึงการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามสะท้อนคิดในช่วงท้ายของการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลเชิงปริมาณนำมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ และวิเคราะห์พัฒนาการของทักษะการคิดแก้ปัญหา และการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสอบถามสะท้อนคิด ภาพถ่าย และร่องรอยหลักฐานเชิงประจักษ์ วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้หลักสูตร STEAM4INNOVATOR เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาแนวทางจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ซึ่งได้รับผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินจำแนกตามรายการและองค์ประกอบ

องค์ประกอบที่	ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. การออกแบบแผนการเรียนรู้	1	1.1 ความสอดคล้อง CLO/ตัวชี้วัด	4.00	0.00	ดีมาก
	2	1.2 การออกแบบสถานการณ์ปัญหา (PBL)	3.60	0.55	ดีมาก
	3	1.3 การบูรณาการ STEAM4INNOVATOR	3.60	0.55	ดีมาก
	4	1.4 โครงสร้างกิจกรรม	3.40	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมองค์ประกอบที่ 1			3.65	0.52	ดีมาก
2. กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	2.1 การใช้ PBL Process	3.80	0.45	ดีมาก
	6	2.2 STEAM4INNOVATOR Process	4.00	0.00	ดีมาก
	7	2.3 การกระตุ้นการคิดแก้ปัญหา	3.80	0.45	ดีมาก
	8	2.4 การมีส่วนร่วมของผู้เรียน	3.80	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมองค์ประกอบที่ 2			3.85	0.44	ดีมาก
3. ทักษะการคิดแก้ปัญหา	9	3.1 วิเคราะห์ปัญหา	3.60	0.55	ดีมาก
	10	3.2 การวางแผนแก้ปัญหา	3.60	0.55	ดีมาก
	11	3.3 การทดลอง/ทดสอบ	3.20	0.45	ดี
	12	3.4 การประเมินผล	3.20	0.45	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมองค์ประกอบที่ 3			3.40	0.50	ดี
4. ความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม	13	4.1 ความคิดริเริ่ม	4.00	0.00	ดีมาก
	14	4.2 การออกแบบนวัตกรรม	4.00	0.00	ดีมาก
	15	4.3 Prototype	4.00	0.00	ดีมาก
	16	4.4 การปรับปรุง (Iteration)	4.00	0.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมองค์ประกอบที่ 4			4.00	0.00	ดีมาก
5. การวัดและประเมินผล	17	5.1 เครื่องมือประเมิน	3.60	0.55	ดีมาก
	18	5.2 Rubric	3.60	0.55	ดีมาก
	19	5.3 การประเมินระหว่างเรียน	3.80	0.45	ดีมาก
	20	5.4 การสะท้อนผล (Reflection)	3.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมองค์ประกอบที่ 5			3.65	0.52	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด			3.71	0.26	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า เครื่องมือวิจัยฉบับนี้มีคุณภาพในระดับสูงทั้งในมิติของ ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความสอดคล้องของผู้ประเมิน (Rater Consistency) พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก (3.71 ± 0.26) และเมื่อพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบ พบว่า ด้านที่มีคุณภาพสูงที่สุด คือ ความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมรองลงมา คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม คือ ทักษะการคิดแก้ปัญหา

2. ผลการศึกษาทักษะการคิดแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR มีผลการวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ย และผลการเปรียบเทียบรายคู่ของคะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สถานการณ์ครั้งที่	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ S.D. (คะแนน)	ผลการเปรียบเทียบรายคู่
1. สิ่งรอบตัว	10.76 ± 3.66	ต่ำกว่าครั้งที่ 3* และครั้งที่ 4**
2. ขยะมูลฝอย	11.33 ± 3.99	ต่ำกว่าครั้งที่ 4**
3. มลพิษ	12.05 ± 3.17	ต่ำกว่าครั้งที่ 4**
4. สถานการณ์ทั่วไป	13.60 ± 3.67	สูงกว่าทุกสถานการณ์

* $p < .05$, ** $p < .01$

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยสถานการณ์ทั่วไปมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด (13.60 ± 3.67) รองลงมา คือ สถานการณ์เกี่ยวกับมลพิษ (12.05 ± 3.17) สถานการณ์เกี่ยวกับขยะมูลฝอย (11.33 ± 3.99) และสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งรอบตัว (10.76 ± 3.66)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) พบว่า คะแนนทักษะการคิดแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ ($F(3,327) = 25.95$, $p < .001$) โดยการทดสอบสมมติฐาน Sphericity ของ Mauchly ไม่พบการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ($W = .941$, $\chi^2 = 6.595$, $p = .253$) จึงสามารถใช้ผลการวิเคราะห์ได้ตามปกติ

ผลการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า คะแนนในสถานการณ์ทั่วไปสูงกว่าสถานการณ์อื่นทุกสถานการณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขณะที่สถานการณ์มลพิษมีคะแนนสูงกว่าสถานการณ์สิ่งรอบตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR มีผลการวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมจากการประเมินตนเอง เพื่อน ครูผู้สอน และภาพรวม ในครั้งต่าง ๆ

ครั้งที่	ค่าเฉลี่ย ผลการประเมิน $\pm$ S.D. (คะแนน)				
	ครูผู้สอนประเมิน	นักเรียนประเมินตนเอง	นักเรียนประเมินเพื่อน	ภาพรวมการประเมิน	แปลผล
ครั้งที่ 1	3.00 ± 0.65	4.23 ± 0.51	4.24 ± 0.50	3.82 ± 0.71	ดี

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมจากการประเมินตนเอง เพื่อน ครูผู้สอน และภาพรวม ในครั้งต่าง ๆ (ต่อ)

ครั้งที่	ค่าเฉลี่ย ผลการประเมิน $\pm$ S.D. (คะแนน)				
	ครูผู้สอนประเมิน	นักเรียนประเมินตนเอง	นักเรียนประเมินเพื่อน	ภาพรวมการประเมิน	แปลผล
ครั้งที่ 2	3.50 $\pm$ 0.32	4.19 $\pm$ 0.45	4.28 $\pm$ 0.42	3.99 $\pm$ 0.43	ดี
ครั้งที่ 3	4.00 $\pm$ 0.22	4.19 $\pm$ 0.50	4.32 $\pm$ 0.39	4.17 $\pm$ 0.16	ดีมาก
ครั้งที่ 4	4.50 $\pm$ 0.15	4.38 $\pm$ 0.45	4.52 $\pm$ 0.31	4.47 $\pm$ 0.08	ดีมาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งประเมินจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ครูผู้สอน ตนเอง และเพื่อน พบว่า คะแนนเฉลี่ยครั้งที่ 4 ทั้งในภาพรวมและจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ครูผู้สอน ตนเอง และเพื่อน มีผลประเมินมากที่สุด (4.47 ± 0.08) ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และคะแนนการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมภาพรวม ครั้งที่ 3 (4.17 ± 0.16) ครั้งที่ 2 (3.99 ± 0.43) และครั้งที่ 1 (3.82 ± 0.71) รองลงมาตามลำดับ

4. ผลการศึกษาแบบสอบถามสะท้อนคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR มีผลการวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาแบบสอบถามสะท้อนคิด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับSTEAM4INNOVATOR

ประเด็น	จำนวน	ร้อยละ
การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความเข้าใจเชิงลึก	93	84.54
ความสนุก ความพึงพอใจ และความรู้สึกเชิงบวก	92	83.63
การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการมีส่วนร่วม	67	60.91
การลงมือทำ นวัตกรรม และการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง	62	56.36
ความยาก ความซับซ้อน และปริมาณงาน	15	13.64

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สะท้อนว่าการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความเข้าใจเชิงลึกมากที่สุด (ร้อยละ 84.54) รองลงมา คือ ความสนุก ความพึงพอใจ และความรู้สึกเชิงบวกต่อการเรียนรู้ (ร้อยละ 83.63) การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการมีส่วนร่วม (ร้อยละ 60.91) และการลงมือปฏิบัติ การสร้างนวัตกรรม และการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง (ร้อยละ 56.36) ขณะที่นักเรียนบางส่วนสะท้อนถึงความยาก ความซับซ้อน หรือปริมาณงานที่มากเกินไป (ร้อยละ 13.64)

ตัวอย่างความคิดเห็นของนักเรียนที่สะท้อนผลการเรียนรู้ ได้แก่ “ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ” “สนุกและท้าทายเพราะได้คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาจริง” “ได้ฝึกทำงานเป็นทีมและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน” และ “สนุกที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เห็นภาพชัดเจน” อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนเห็นว่ากิจกรรมมีขั้นตอนค่อนข้างซับซ้อนและมีปริมาณงานมาก เช่น “งานเยอะไปหน่อย” และ “ขั้นตอนหลายอย่างซับซ้อนเกินไป”

ตารางที่ 5 ขั้นตอนที่นักเรียนชื่นชอบมากที่สุดในการเรียนรู้ตาม STEAM4INNOVATOR

ประเด็น	จำนวน	ร้อยละ
Business Model (แผนพัฒนาธุรกิจ)	61	55.45
Production & Diffusion (การผลิตและการกระจาย)	41	37.27
Wow! Idea (คิดสร้างสรรค์ไอเดีย)	34	30.91
Insight (รู้สึก รู้จริง)	14	12.73

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนชื่นชอบขั้นตอน Business Model (แผนพัฒนาธุรกิจ) มากที่สุด (ร้อยละ 55.45) เนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติจริงและพัฒนาต้นแบบนวัตกรรม รองลงมา คือ Production & Diffusion (การผลิตและการกระจาย) (ร้อยละ 37.27) ซึ่งช่วยฝึกการนำเสนอและสร้างความภาคภูมิใจในผลงาน ตามด้วย Wow! Idea (คิดสร้างสรรค์ไอเดีย) (ร้อยละ 30.91) และ Insight (รู้สึก รู้จริง) (ร้อยละ 12.73)

นักเรียนให้เหตุผลว่าชื่นชอบขั้นตอน Business Model เนื่องจากได้ลงมือสร้างต้นแบบและทดลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง เช่น “ชอบ Prototype เพราะได้ลงมือทำจริง” และ “ได้ทดลองแก้ปัญหา ทำแล้วสนุก” การที่นักเรียนให้ความสนใจขั้น Business Model สูง เนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อสำคัญที่เปลี่ยนไอเดียให้กลายเป็นการออกแบบโมเดลโครงร่างก่อนลงมือผลิตจริงในขั้นถัดไป สำหรับขั้นตอน Production & Diffusion นักเรียนเห็นว่าเป็นโอกาสในการฝึกการนำเสนอและการสื่อสาร เช่น “ทำให้ฝึกพูด ฝึกนำเสนอ” และ “ภูมิใจที่ได้นำเสนอผลงานต่อเพื่อน” ขณะที่ขั้นตอน Wow! Idea ช่วยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ส่วนขั้นตอน Insight ช่วยให้เห็นปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตารางที่ 6 ปัญหาและข้อเสนอแนะของนักเรียนหลังการเรียนรู้

ประเด็น	จำนวน	ร้อยละ
เวลาไม่เพียงพอ	41	37.27
ไม่มีปัญหา/พึงพอใจกิจกรรม	25	22.72
กระบวนการหรือบริบท	14	12.72
ต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม	8	7.27
ต้องการตัวอย่าง Prototype	8	7.27
ความยากของโจทย์หรือศัพท์	7	6.36
อุปกรณ์/ทรัพยากรไม่เพียงพอ	4	3.63
ปริมาณงานมากเกินไป	3	2.72

จากตารางที่ 6 พบว่า ปัญหาที่นักเรียนกล่าวถึงมากที่สุด คือ เวลาไม่เพียงพอในการดำเนินกิจกรรม (ร้อยละ 37.27) รองลงมา คือ การไม่มีปัญหาและมีความพึงพอใจต่อกิจกรรม (ร้อยละ 22.72) และข้อเสนอแนะด้านกระบวนการเรียนรู้หรือบริบทของกิจกรรม (ร้อยละ 12.72) นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนต้องการคำอธิบายเพิ่มเติมและตัวอย่างต้นแบบ (Prototype) มากขึ้น (ร้อยละ 7.27 เท่ากัน) รวมทั้งเสนอให้ปรับระดับความยากของโจทย์เพิ่มทรัพยากรสนับสนุน และลดปริมาณงานในบางกิจกรรม



ตัวอย่างความคิดเห็นที่สะท้อนปัญหาและข้อเสนอแนะ ได้แก่ “มีเวลาในการทำงานที่จำกัดทำให้ไม่สามารถสร้างผลงานที่สมบูรณ์แบบได้” และ “เวลาน้อยและอุปกรณ์ไม่เพียงพอ” ข้อจำกัดของการบูรณาการหลักสูตรนวัตกรรม 4 ขั้นตอนที่มีความซับซ้อนในเวลา 11 สัปดาห์ อาจต้องมีการปรับการบริหารเวลาจัดกิจกรรมให้กระชับขึ้นในอนาคต นอกจากนี้ นักเรียนบางส่วนเสนอว่า “อยากให้อาจารย์ลงรายละเอียดเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับใบงาน STEAM4INNOVATOR” และ “อยากให้คุณครูนำ Prototype จริงของรุ่นพี่มาเป็นตัวอย่าง” ขณะที่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งแสดงความพึงพอใจต่อกิจกรรม โดยระบุว่า “หลักสูตรนี้สามารถทำให้เข้าใจและแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น เพราะทำอย่างเป็นขั้นตอน”

5. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR มีผลการวิจัยดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการเปรียบเทียบคะแนนนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ของนักเรียน

การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย $\pm$ S.D (คะแนน)	ผลการเปรียบเทียบรายคู่
ครั้งที่ 1	4.22 $\pm$ 1.14	ต่ำกว่าครั้งที่ 2 และ 3**
ครั้งที่ 2	6.28 $\pm$ 1.36	ต่ำกว่าครั้งที่ 3**
ครั้งที่ 3	7.95 $\pm$ 1.17	สูงกว่าทุกครั้ง**

** $p < .01$

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการประเมินครั้งที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด (7.95 $\pm$ 1.17) รองลงมา คือ ครั้งที่ 2 (6.28 $\pm$ 1.36) และครั้งที่ 1 (4.22 $\pm$ 1.14)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) พบว่า คะแนนนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการประเมินทั้ง 3 ครั้ง ($F(2,218) = 567.39, p < .001$) โดยผลการทดสอบ Sphericity ของ Mauchly ไม่พบการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้น ($W = .959, \chi^2 = 4.476, p = .107$)

ผลการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการประเมินทั้ง 3 ครั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกคู่ โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 1 ไปสู่ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการด้านนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ของนักเรียนที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	ก่อนเรียน Mean $\pm$ S.D.	หลังเรียน Mean $\pm$ S.D.	t	df	p
ขยะมูลฝอย	6.05 $\pm$ 2.40	7.08 $\pm$ 2.54	4.44	109	< .001
มลพิษ	4.61 $\pm$ 2.39	7.69 $\pm$ 1.86	14.63	109	< .001



จากตารางที่ 8 พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งสองหน่วยการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) โดยหน่วยการเรียนรู้เรื่องขยะมูลฝอยมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 6.05 ± 2.40 เป็น 7.08 ± 2.54 ($t = 4.44$, $df = 109$, $p < .001$) ขณะที่หน่วยการเรียนรู้เรื่องมลพิษมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 4.61 ± 2.39 เป็น 7.69 ± 1.86 ($t = 14.63$, $df = 109$, $p < .001$) ผลการวิเคราะห์สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในหน่วยการเรียนรู้เรื่องมลพิษ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ยมากกว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องขยะมูลฝอย

อภิปรายผล

ผลการวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR เพื่อพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแผนการจัดการเรียนรู้มีการออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยบูรณาการจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากปัญหาจริงหรือสถานการณ์ใกล้เคียงตัวเข้ากับกระบวนการ STEAM4INNOVATOR ที่มีลำดับขั้นตอนชัดเจน ได้แก่ Insight, Wow! Idea, Business Model และ Production & Diffusion ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่การทำความเข้าใจปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุ การคิดแนวทางแก้ไข การวางแผนพัฒนาแนวคิด การสร้างต้นแบบ และการนำเสนอผลงาน กระบวนการดังกล่าวช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้มีทิศทางชัดเจนและสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน และการสร้างนวัตกรรม :ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มองว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ การลงมือปฏิบัติ และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Piaget, J., 1970); (Vygotsky, L. S., 1978) เมื่อผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริง เช่น ปัญหาขยะมูลฝอย มลพิษ หรือปัญหาสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวัน ผู้เรียนจึงไม่ได้เรียนรู้เพียงเนื้อหาเชิงทฤษฎี แต่ได้เชื่อมโยงความรู้กับบริบทจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Savery, J. ที่ระบุว่า PBL เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การเรียนรู้ด้วยตนเอง และการทำงานร่วมกัน อีกทั้งยังสัมพันธ์กับแนวคิด Design Thinking ที่เน้นการเข้าใจผู้ใช้ การนิยามปัญหา การสร้างแนวคิด การสร้างต้นแบบ และการปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม (Savery, J., 2015)

2. ทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการประเมินครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 4 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาจริงช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การระบุปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุ การรวบรวมข้อมูล การเสนอทางเลือก การตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา และการประเมินผลของแนวทางที่เลือกใช้ การฝึกซ้ำผ่านสถานการณ์ที่แตกต่างกันทำให้นักเรียนค่อย ๆ พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและสามารถมองปัญหาได้รอบด้านมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Barrows, H. S. ที่อธิบายว่า PBL ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถ

ในการวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนและไม่มีคำตอบตายตัว เพราะผู้เรียนต้องตั้งคำถาม ค้นหาข้อมูล อภิปราย และตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล (Barrows, H. S., 1986) อีกทั้งสอดคล้องกับ Manuaba, I. B. A. P. et al., Chen, T. et al. ที่พบว่า PBL ส่งผลเชิงบวกต่อทักษะการแก้ปัญหา การคิดอย่างมีเหตุผล (Manuaba I. B. A. P. et al., 2022); (Chen, T. et al., 2024) และการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ทั้งนี้ การที่คะแนนในสถานการณ์ทั่วไปสูงกว่าสถานการณ์อื่นทุกสถานการณ์อาจสะท้อนว่า นักเรียนสามารถถ่ายโอนกระบวนการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์เฉพาะที่ได้ฝึกในชั้นเรียนไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงลึก เพราะผู้เรียนไม่ได้เพียงจดจำขั้นตอน แต่สามารถประยุกต์ใช้กระบวนการคิดในบริบทที่หลากหลาย

3. ทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้นจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกระบวนการ STEAM4INNOVATOR เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดสร้างสรรค์อย่างเป็นลำดับ และต่อเนื่อง โดยเริ่มจากการเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้งในขั้น Insight การระดมความคิดและสร้างแนวทางใหม่ในขั้น Wow! Idea การพิจารณาคุณค่าและความเป็นไปได้ของแนวคิดในขั้น Business Model และการสร้างต้นแบบ ทดลองปรับปรุง และนำเสนอผลงานในขั้น Production & Diffusion กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเปลี่ยนความคิดสร้างสรรค์จากระดับแนวคิดไปสู่ผลงานเชิงนวัตกรรมที่จับต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Guilford, J. P., Torrance E.P. ที่อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวข้องกับความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และการปรับปรุงรายละเอียด ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ปรากฏอยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนคิดหลายแนวทาง เลือกแนวทางที่เหมาะสม ปรับปรุงต้นแบบ และนำเสนอคุณค่าของผลงาน (Guilford, J. P., 1950); (Torrance, E. P., 1974) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Zhan, Z. et al. ที่พบว่า การเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหา การทำงานกลุ่ม และการใช้เครื่องมือช่วยคิดสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ (Zhan, Z. et al., 2024) และสอดคล้องกับ Huang, B. et al., ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEM/STEAM สามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน และความสนใจในการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Huang, B. et al., 2022) จากผลการประเมินจากครู ตนเอง และเพื่อนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นยังสะท้อนว่า นักเรียนมีพัฒนาการทั้งด้านกระบวนการคิดและการสร้างผลงานจริง โดยในช่วงแรกนักเรียนอาจยังไม่เข้าใจเกณฑ์ของการสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างชัดเจน แต่เมื่อได้ผ่านการฝึกปฏิบัติหลายครั้ง ได้รับข้อมูลย้อนกลับจากครูและเพื่อน และได้ปรับปรุงผลงานตามกระบวนการ จึงทำให้สามารถพัฒนาคุณภาพของแนวคิดและผลงานได้ดีขึ้น

4. ผลการสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ โดยเห็นว่ากิจกรรมช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ความเข้าใจเชิงลึก ความสนุก ความพึงพอใจ การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง ผลดังกล่าวสะท้อนว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ไม่เพียงพัฒนาความรู้และทักษะเชิงปัญญาเท่านั้น แต่ยังช่วยส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้และความรู้สึกมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Dewey, J., Kolb, D. A. ที่เห็นว่าผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายเมื่อได้ลงมือปฏิบัติ ได้เผชิญสถานการณ์จริง และได้สะท้อนประสบการณ์ของตนเอง (Dewey, J., 1938) (Kolb, D. A., 1984) การสะท้อนคิดจึงเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ ปัญหาที่พบ วิธีการแก้ไข และแนวทางพัฒนางานในครั้งต่อไป โดยเฉพาะการที่นักเรียนจำนวนมากชื่นชอบ Business Model เนื่องจากได้สวมบทบาทเป็นผู้ประกอบการรุ่นใหม่ในการวางแผนคุณค่า



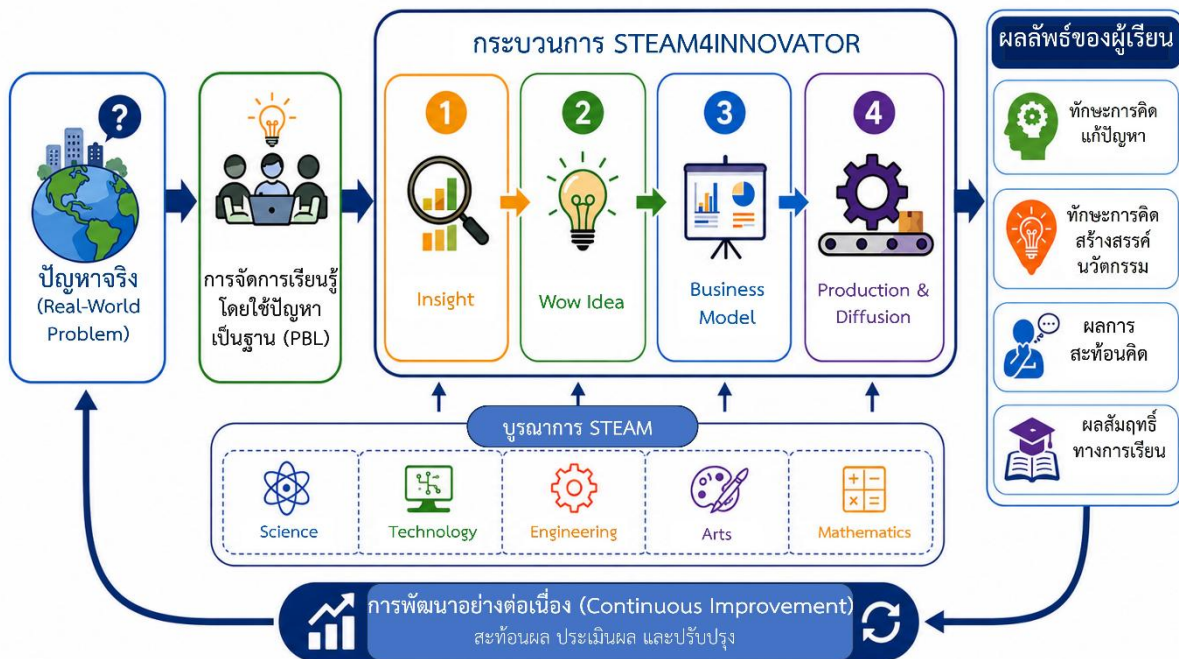
และขั้น Production & Diffusion ที่ได้ลงมือสร้างและนำเสนอต้นแบบจริงแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแรงจูงใจสูง เมื่อได้ลงมือสร้างผลงานจริง ได้เห็นผลลัพธ์ของความคิด และได้สื่อสารผลงานของตนเองต่อผู้อื่น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนบางส่วนสะท้อนปัญหาเรื่องเวลาไม่เพียงพอ ความซับซ้อนของกิจกรรม และความต้องการตัวอย่าง Prototype เพิ่มเติม ประเด็นนี้สะท้อนข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบ PBL และ STEAM ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจปัญหา ค้นคว้าข้อมูล ออกแบบ สร้างต้นแบบ ทดลอง ปรับปรุง และนำเสนอผลงานมากกว่า การเรียนรู้แบบบรรยายทั่วไป ดังนั้น การนำรูปแบบนี้ไปใช้ในชั้นเรียนควรมีการวางแผนเวลาอย่างเหมาะสม จัดทำใบงานที่มีคำชี้แจงชัดเจน ใช้ภาษาที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน และเตรียมตัวอย่างต้นแบบหรือผลงานที่เป็นรูปธรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการและลดความสับสนระหว่างการทำกิจกรรม

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในด้านนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR รวมถึงหน่วยการเรียนรู้เรื่องขยะมูลฝอยและมลพิษ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้จากปัญหาสิ่งแวดล้อมจริงช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบแยกส่วน เนื่องจากผู้เรียนต้องนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบ และการคิดเชิงระบบมาใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ปัญหาและสร้างแนวทางแก้ไข ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Situated Learning ของ Lave, J. & Wenger, E. ที่อธิบายว่าการเรียนรู้จะมีความหมายมากขึ้นเมื่อเกิดขึ้นในบริบทที่ใกล้เคียงกับการใช้ความรู้จริง และสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างความรู้ผ่านการคิด การลงมือปฏิบัติ และการสะท้อนผล (Lave, J. & Wenger, E., 1991) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Zhang, L. & Ma, Y. ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ PBL ส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน (Zhang, L. & Ma, Y., 2023) รวมทั้ง Dúo-Terrón, P. et al. ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEAM ช่วยพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Dúo-Terrón, P. et al., 2022)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพ ในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และจากการสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวนี้พบว่านักเรียนมีความคิดเชิงบวก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยง ปัญหาจริงกับการลงมือปฏิบัติ การทำงานร่วมกัน การคิดออกแบบ และการสร้างผลงานเชิงนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสนับสนุนว่า การบูรณาการ PBL กับ STEAM4INNOVATOR เหมาะสมต่อการพัฒนาผู้เรียน ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้มีสมรรถนะสำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การทำงานร่วมกัน และการสร้างนวัตกรรมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ ทั้งนี้ เพื่อให้การนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ควรจัดเวลาให้เพียงพอ เตรียมตัวอย่างต้นแบบ ปรับใบงานให้เข้าใจง่ายขึ้น และกำหนดบทบาทการทำงานกลุ่มอย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่



องค์ความรู้ใหม่



ภาพที่ 1 การบูรณาการ PBL กับ STEAM4INNOVATOR

การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิด STEAM4INNOVATOR ถือเป็นนวัตกรรมการศึกษาที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนบทบาทผู้เรียนให้เป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมผ่านการเผชิญ สถานการณ์จริงในสังคม กระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ข้ามศาสตร์ ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ และเป็นขั้นตอน อีกทั้งยังกระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์เชิงลึก การคิดเชิงสร้างสรรค์ และการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการหล่อหลอมสมรรถนะหลักและ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR เพื่อพัฒนา ทักษะการคิดแก้ปัญหาและทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาออกแบบ เทคโนโลยีและการแก้ปัญหา สรุปผล ได้ดังนี้ 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวม 3.71 ± 0.26 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดกิจกรรม การเรียนรู้ 2) นักเรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากการประเมินครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 4 และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่า คะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แสดงว่าการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาจริงช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ 3) นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมสูงขึ้นจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก โดยคะแนนภาพรวมเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง สะท้อนว่ากระบวนการ STEAM4INNOVATOR ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกเข้าใจปัญหา คิดไอเดีย ออกแบบแนวทาง สร้างสรรค์ผลงาน และนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน 4) ผลการสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจและมีทัศนคติเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ โดยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม การสื่อสาร และการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางส่วนสะท้อนว่าควรเพิ่มเวลาในการทำกิจกรรม ลดความซับซ้อนของใบงาน และมีตัวอย่างชิ้นงานหรือต้นแบบให้ชัดเจนขึ้นและ 5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านนวัตกรรมและกระบวนการ STEAM4INNOVATOR เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย และเทคโนโลยีการจัดการมลพิษ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้สามารถส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจ และสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ครูควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักสูตร STEAM4INNOVATOR ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใกล้ตัวของนักเรียน เช่น ขยะ มลพิษ สิ่งแวดล้อม พลังงาน หรือปัญหาในโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นความหมายของการเรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงได้ ครูควรจัดเวลาให้เพียงพอในแต่ละขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นการสร้างต้นแบบ การทดลอง การปรับปรุงผลงาน และการนำเสนอ เพราะเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาในการคิด ออกแบบ ลงมือปฏิบัติ และสะท้อนผล ครูควรเตรียมตัวอย่างชิ้นงาน ตัวอย่าง Prototype หรือผลงานของรุ่นพี่ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวทางการพัฒนานวัตกรรมได้ชัดเจนขึ้น และลดความสับสนในขั้นตอนการทำกิจกรรม ควรปรับภาษา คำชี้แจง และใบงานให้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน โดยใช้ถ้อยคำที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอนชัดเจน และมีเกณฑ์การประเมินที่นักเรียนเข้าใจได้ และครูควรส่งเสริมการทำงานเป็นทีมอย่างเป็นระบบ โดยกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการคิด แก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ทิตินา แคมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 21). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 4). (2562). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 57 ก หน้า 49-53 (1 พฤษภาคม 2562).

- โยธะกา อันทะหาวา และสิทธิ พลอาจินทร์. (2567). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 47(2), 64-80.
- ลือชา ลดาชาติ และคณะ. (2562). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามความเข้าใจและมุมมองของครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30(1), 89-103.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). STEAM4INNOVATOR: คู่มือการจัดกิจกรรมสำหรับผู้สอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2564). ทักษะที่จำเป็นแห่งอนาคต (Future Skill) เพื่อเตรียมการพัฒนาคุณภาพคนไทยทุกช่วงวัย รองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Disruption) ของโลกศตวรรษที่ 21: ผลการศึกษาและแนวทางการส่งเสริม. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486.
- Bennett, N. & Lemoine, G. J. (2014). What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. *Business Horizons*, 57(3), 311-317.
- Chen, T. et al. (2024). The effect of problem-based learning on improving problem-solving, self-directed learning, and critical thinking ability for the pharmacy students: A randomized controlled trial and meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314017>.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Macmillan.
- Dúo-Terrón, P. et al. (2022). STEAM in primary education: Impact on linguistic and mathematical competences in a disadvantaged context. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.792656>.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444-454.
- Huang, B. et al. (2022). Promoting secondary students' twenty-first century skills and STEM career interests through a crossover program of STEM and community service education. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.903252>.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice Hall.

- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Manuaba I. B. A. P. et al. (2022). The effectiveness of problem-based learning in improving critical thinking, problem-solving and self-directed learning in first-year medical students: A meta-analysis. *PLOS ONE*, 17(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277339>.
- OECD. (2019). *An OECD learning framework 2030*. In Bast, G. et al. (Eds.), *The future of education and labor*. (pp. 23-35). Switzerland: Springer International Publishing.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. New York: Orion Press.
- Savery, J. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. In Walker, A. et al. (Eds.), *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*. (pp. 5-16). West Lafayette: Purdue University Press.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. New York: Crown Currency.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*. Bensenville: Scholastic Testing Service.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. Paris: UNESCO.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Retrieved December 15, 2025, from <https://shorturl.asia/2qmXk>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- World Economic Forum. (2020). *The future of jobs report 2020*. Retrieved November 18, 2025, from http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf
- Zhan, Z. et al. (2024). How does problem-solving pedagogy affect creativity? A meta-analysis of empirical studies. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1287082>.
- Zhang, L. & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>.