

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21
เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ*
STEM Education Using the Engineering Design Process in Work and Energy to
Enhance Creative Thinking and Innovation in 21st Century Vocational
Certificate Students



¹กมลชนก นนทโคตร และ ธิติยา บงกชเพชร

¹Kamonchanok Nontakode and Thitiya Bongkotphet

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Faculty of Education, Naresuan University, Thailand.

¹Corresponding Author's Email: kamonchanok.nonta@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ 2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยอาชีวศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยเทคนิคสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) สถานการณ์มีความท้าทายเกี่ยวข้องกับบทบาทวิชาชีพช่างหรือด้านวิศวกรรมและแสดงเงื่อนไขที่ละเอียด 2) กำหนดบทบาทหน้าที่ของนักเรียนในกลุ่ม 3) การรวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติจริง ในการเขียนภาพร่าง 4) ครูแสดงหลักการเขียนภาพร่างและยกตัวอย่างการออกแบบที่แตกต่างจากสถานการณ์อื่น ๆ ในการเลือกภาพร่างให้วิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายบุคคลแล้วนำไปตัดสินใจร่วมกัน 5) ครูอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนแผนงานที่ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและครบถ้วน 6) มีกิจกรรมการแข่งขันในการทดสอบชิ้นงาน 7) มีการเสนอแนะชิ้นงานร่วมกันเพื่อพัฒนาชิ้นงาน โดยกระตุ้นจากคำถาม และนำเสนอแนวความคิดผ่านโปสเตอร์และชิ้นงาน 2. ผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษได้อย่างต่อเนื่อง โดยองค์ประกอบที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด คือ การสร้างนวัตกรรมให้สำเร็จ และองค์ประกอบที่นักเรียนแสดงออกน้อยที่สุด คือ คิดอย่างสร้างสรรค์

คำสำคัญ: ทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21; สะเต็มศึกษา; กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม; งานและพลังงาน

Abstract

The objectives of this research were 1) to study instructional approaches and 2) to examine the outcomes of developing 21st-century creative thinking and innovation skills in the topic of work and energy among vocational certificate students through STEM education based on the engineering design process. The target group consisted of one classroom of 32 vocational certificate students at a vocational college in Uthai Thani Province during the second semester of the 2024 academic year, selected through purposive sampling. The research instruments included three lesson plans, a learning reflection form, activity worksheets, and an assessment form for 21st-century creativity and innovation skills. Data were analyzed using content analysis, mean, and percentage, while qualitative data were validated through triangulation.

The findings revealed as follows: 1) The instructional approach consisted of the following elements: (1) presenting challenging situations related to vocational or engineering roles with detailed conditions, (2) assigning specific roles and responsibilities to students within their groups, (3) gathering data from hands-on activities through sketching, (4) providing instruction on sketching principles and giving examples of designs from different contexts, followed by individual analysis and group decision-making, (5) explaining and demonstrating how to prepare work plans using clear and comprehensive language, (6) incorporating competitive activities to test student projects, and (7) engaging students in collaborative feedback to improve their work through guided questioning, with final presentations of ideas using posters and project prototypes. 2) The results regarding the development of 21st-century creative thinking and innovation skills showed that students demonstrated continuous improvement. The component most frequently exhibited by the students was the ability to successfully create innovations, while the component least demonstrated was creative thinking.

Keywords: Creative Thinking and Innovation Skills in the 21st Century; STEM Education; Engineering Design Process; Work and Energy

บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศในยุคปัจจุบันขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ส่งผลให้แรงงานต้องมีทักษะทั้งด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี (Office of the Vocational Education Commission, 2019) จึงส่งผลให้แรงงานในระบบเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมต้องมีความรู้ความสามารถทั้งด้านวิชาชีพและเทคโนโลยี ดังนั้นการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาทั้งด้านปริมาณและคุณภาพจึงต้องสอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยให้มีการเตรียมความพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลก

ส่งผลให้ทักษะในศตวรรษที่ 21 จำเป็นสำหรับทุกอาชีพ (Buathong, 2017) โดยเฉพาะทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งเป็นทักษะที่เพิ่มความสามารถในการทำงานเป็นกุญแจสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมและตำแหน่งต่าง ๆ ในศตวรรษที่ 21 บริษัท หรืออุตสาหกรรมใด ๆ ที่ต้องการนวัตกรรมค้นหาพนักงานที่มีความคิดสร้างสรรค์มากมายความสามารถในการคิดนอกกรอบช่วยให้บริษัทต่าง ๆ สามารถปรับตัวเข้ากับตลาดที่เปลี่ยนแปลงและค้นหาวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันขององค์กรและแรงงาน นอกจากนี้ มีหลายประเทศให้ความสำคัญอย่างมากในเรื่องของการพัฒนาคนที่จะสามารถนำพาชีวิตและอาชีพที่สลับซับซ้อนในยุคแห่งข้อมูลข่าวสารที่มีการแข่งขันระดับโลก (Panich, 2012) ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในสิ่งสำคัญ สำหรับการเตรียมทรัพยากรทางด้านบุคคล โดยคนยุคใหม่ต้องฝึกความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากโลกกำลังเป็นยุคของนวัตกรรม เพื่อให้พร้อมก้าวเข้าสู่การแข่งขันกับนานาชาติ และสามารถดำรงชีวิตให้อยู่ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ได้จึงต้องอาศัยความตั้งใจในการพัฒนาทักษะอย่างเพียงพอ (The Partnership for 21st Century Learning, 2015) เป็นทักษะหนึ่งในทักษะของนักเรียนอาชีวศึกษาที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถประกอบอาชีพและดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ

ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ผ่านการออกแบบเรียนแพ แก่ปัญหาน้ำเน่าเสียในแม่น้ำสะแกกรัง พบว่า นักเรียนขาดความคิดริเริ่ม ไม่สามารถออกแบบชิ้นงานแปลกใหม่ ต้องพึ่งพาคำแนะนำจากครู และใช้เวลานานในการพัฒนาผลงาน นอกจากนี้ ชิ้นงานที่ออกแบบยังมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้และไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดปัญหาหลักมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ยังขาดประสิทธิภาพ ขาดความยืดหยุ่น ไม่สามารถกระตุ้นการคิดสร้างสรรค์หรือการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในงานอาชีพได้ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถพัฒนานวัตกรรมและปรับใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประโยชน์ในวิชาชีพของตน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะสอดคล้องกับความต้องการของประเทศและภาคเอกชน โดยเน้นทั้งทักษะวิชาชีพจากการปฏิบัติจริงและ Soft Skills (Ministry of Education, 2024) อย่างไรก็ตาม กลุ่มวิทยาศาสตร์ยังเน้นการสอบและการท่องจำ ซึ่งไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรอาชีวศึกษา STEM จึงเป็นแนวทางสำคัญในการบูรณาการความรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และสนับสนุนการเรียนรู้จากปัญหาจริงในชีวิต National Research Council (2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบ สร้างสรรค์นวัตกรรม และการทำงานร่วมกัน The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, (2016) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (Ladachart, 2019)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาช่างอุตสาหกรรม โดยใช้แผนการจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เรื่องงานและพลังงาน โดยเนื้อหาประกอบด้วย เรื่องงานและกำลัง, กฎการอนุรักษ์พลังงาน, และเครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สำคัญในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและวิชาชีพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยอาชีวศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานีที่กำลังศึกษาใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 32 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดอุทัยธานี และมีความพร้อมในด้านอุปกรณ์การเรียน ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ รวมทั้งอินเทอร์เน็ตส่วนตัวของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 เครื่องมือการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตร โดยแบ่งออกเป็น 3 แผนย่อย ได้แก่ 2.1.1 งานและกำลัง 2.1.2 กฎการอนุรักษ์พลังงาน 2.1.3 เครื่องกลอย่างง่าย รวมจำนวน 18 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หลังจากออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้น ได้มีการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ครูประจำการ สาขาวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพบว่าผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.84 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย เท่ากับ 0.13 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ ให้ข้อเสนอแนะในการปรับกิจกรรมให้เหมาะสมซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะเรียบร้อยแล้ว โดยมีรายละเอียดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้บริบทและเทคโนโลยีที่เลือกใช้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21

แผน	เนื้อหา	สถานการณ์	นวัตกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
1	งานและกำลัง	สร้างสะพานข้ามแม่น้ำเพื่อเชื่อมต่อพื้นที่ แต่การขนส่งวัสดุก่อสร้างเป็นอุปสรรคเนื่องจากเส้นทางแคบและลาดชัน	เครื่องยกวัสดุก่อสร้าง	6
2	กฎการอนุรักษ์พลังงาน	หมู่บ้านบนภูเขาสูง ชาวบ้านเลี้ยงไก่และขายไข่เป็นอาชีพหลัก แต่การขนส่งไข่ไปตลาดในเมืองเป็นปัญหาใหญ่	ระบบขนส่งไข่ไก่	6
3	เครื่องกลอย่างง่าย	ฝนตกหนัก 3 วัน แม่น้ำเอ่อท่วมจนสะพานหลักพัง ชาวบ้านกว่า 50 คนถูกตัดขาดจากโลกภายนอก	เครื่องส่งอาหารข้ามแม่น้ำ	6
รวม				18

2.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จัดทำขึ้นสำหรับ ครูผู้สอนหรือตัวผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน ใช้เพื่อสะท้อนผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำผลไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งถัดไป โดยลักษณะแบบสะท้อนผล เป็นคำถามปลายเปิดให้บรรยายเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นจะมีคำถามย่อย คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน พฤติกรรมของผู้เรียนที่พบจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการจัดการเรียนรู้ โดยก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลได้มีการนำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำก่อนที่จะนำไปใช้จริง

2.3 ใบกิจกรรม เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 3 องค์ประกอบ เป็นใบกิจกรรมที่นักเรียนสำรวจระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้จะสร้างใบกิจกรรมและข้อคำถามให้สอดคล้องตามการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยมีทั้งหมด 3 ใบกิจกรรม ได้แก่

2.3.1 เครื่องยกวัสดุก่อสร้าง

2.3.2 ระบบขนส่งไข่ไก่

2.3.3 เครื่องกลอย่างง่าย

ใบกิจกรรมมีลักษณะเป็นแบบแบบเขียนตอบที่นักเรียนทุกคนในกลุ่มต้องช่วยกันอธิบายด้วยการเขียนบรรยาย โดยคำถามภายในใบกิจกรรมในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และก่อนนำไปใช้มีการเสนอใบกิจกรรมให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำก่อนที่จะนำไปใช้จริง

2.4 แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ใช้เพื่อวัดทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรการ

ปฏิบัติการ โดยแบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบ The Partnership for 21st Century Learning (2015) โดยก่อนนำไปใช้มีการเสนอแบบประเมินต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ครูประจำการ สาขาวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามในใบกิจกรรมกับองค์ประกอบทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ซึ่งมีความเหมาะสมตามเกณฑ์ พิจารณาความสอดคล้องของค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ผลการตรวจสอบมีค่าเท่ากับ 0.93 แปลผลได้ว่ามีความสอดคล้องของข้อคำถามในใบกิจกรรมกับองค์ประกอบทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 และความถูกต้องของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงข้อคำถามในบางข้อให้ชัดเจนและสอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21

ขั้นตอนที่ 3 การดำเนินงานเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ดำเนินงานตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติในชั้นเรียน มีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจร 4 ขั้นตอน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นการวางแผน ผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิเคราะห์สภาพปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง งานและพลังงาน เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนประกอบไปด้วยใบกิจกรรม โดยจะวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต

3.2 ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินงานจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน เวลาที่ใช้ทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ในเนื้อหาต่อไปนี้ 3.2.1) งานและกำลัง 3.2.2) กฎการอนุรักษ์พลังงาน 3.2.3) เครื่องกลอย่างง่าย

3.3 ขั้นสังเกต ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ทำการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในชั้นเรียน ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญห โดยบันทึกลงแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

3.4 ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และประเมินผลจากแบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ทราบถึงพัฒนาการทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน สะท้อนผลและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป จนครบ 3 วงจรปฏิบัติการ

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้คิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงคุณภาพที่บันทึกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ รวมทั้งบันทึกจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ผลดังนี้ 1) อ่านแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จัดระเบียบข้อมูลและสร้างบทสรุปโดยให้ความเชื่อมโยงเป็นความเรียง โดยสรุปเป็น 3 ส่วน คือ จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนาและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 2) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้า แบบใช้แหล่งข้อมูลมากกว่าหนึ่งแหล่ง โดยนำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้มาจากผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินงานตรวจสอบว่าข้อมูลมีประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การวิเคราะห์การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ ได้แก่ แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบให้คะแนนการตอบคำถามในใบกิจกรรมและชิ้นงานของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ หากนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่กำหนดให้ได้ครบถ้วนได้ 1 คะแนน และหากไม่แสดงพฤติกรรมที่กำหนดได้ 0 คะแนน โดยวิเคราะห์ข้อมูลตามลักษณะพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในเกณฑ์ และตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาตามผลการประเมิน จากผู้ประเมินที่ตรงกัน 3 คน ส่วนรายการประเมินรายการใดที่ผู้ประเมินทั้ง 3 คนให้ข้อมูลไม่ตรงกันเลย ให้พิจารณาและทำการประเมินใหม่อีกครั้ง และนำคะแนนจากการประเมินมาหาค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของนักเรียนที่แสดงในแต่ละองค์ประกอบ

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องระบุปัญหาร่วมกันจากสถานการณ์ ครูควรกำหนดสถานการณ์ที่ทำนายเกี่ยวข้องกับวิชาชีพหรือด้านวิศวกรรม แสดงรายละเอียดเงื่อนไขอย่างชัดเจนยังต้องมีรายละเอียดและเงื่อนไขอย่างชัดเจน พร้อมทั้งแสดงพื้นที่สำหรับการทดสอบเพื่อให้ นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องและไม่เกิดความสับสน ครูควรอธิบายขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมอย่างละเอียด ทั้งวิธีการทำงานกลุ่ม กำหนดการปฏิบัติหน้าที่รับผิดชอบในกลุ่มของแต่ละคน เพื่อให้นักเรียนเกิดการระดมสมองร่วมกัน ครูใช้วิธีการให้นักเรียนบันทึกเป็นบุคคล แล้วจึงวิเคราะห์เป็นผลของกลุ่ม เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนกัน ในระหว่างการระดมความคิด ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสะท้อนปัญหาด้วยตนเอง พร้อมทั้งเน้นย้ำความสำคัญของการระบุปัญหาร่วมกับเพื่อน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องรวบรวมความรู้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหา ครูได้ออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันและการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เช่น กิจกรรมการทดลองที่ช่วยให้นักเรียนสามารถอภิปรายผลการปฏิบัติและสรุปความรู้ร่วมกัน โดยก่อนเริ่มครูแสดงขั้นตอนการปฏิบัติการทดลองอย่างละเอียดให้เข้าใจ เพื่อให้หัวหน้ากลุ่มได้มีบทบาทในการมอบหน้าที่ภายในกลุ่ม ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ครูกระตุ้นนักเรียน โดยเน้นย้ำบทบาทและหน้าที่ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มอย่างชัดเจน เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันที่เป็นขั้นตอน เมื่อรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ครูใช้คำถามกระตุ้น เช่น เราจะสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการงานของเราได้อย่างไร เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการออกแบบขั้นตอนถัดไป

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องออกแบบภาพร่าง 3 แบบ ที่มีความแปลกใหม่และแตกต่างกัน เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ ก่อนเริ่มครูทบทวนหลักการเขียนแบบภาพร่าง พร้อมยกตัวอย่างที่มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การระบุขนาด วัสดุ และมาตราส่วน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวทางการเขียนที่ถูกต้อง และครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการออกแบบภาพร่างที่แตกต่างกันและเหมือนกันโดยจะต้องไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำลังศึกษา เพื่อกระตุ้นการสร้างสรรค์ภาพร่างให้มีความแปลกใหม่ หลังจากการออกแบบภาพร่างแล้ว นักเรียนร่วมกันในกลุ่มดำเนินการวิเคราะห์แบบร่างเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสม ครูให้นักเรียนระบุข้อคิดเห็นเป็นรายบุคคล โดยระบุข้อดี ข้อเสีย และเหตุผล

ประกอบ โดยหัวหน้าเป็นผู้ดำเนินการ เพื่อให้เกิดข้อมูลที่สามารถใช้ในการตัดสินใจร่วมกันในกลุ่มอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติงาน เรียนรู้การทำงานและรู้จักการวางแผนปฏิบัติการ โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งด้านเวลา ด้านงบประมาณ ครูจึงอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนขั้นตอนการวางแผนดำเนินงาน โดยเน้นให้มีรายละเอียดครบถ้วน ใช้ภาษาที่ถูกต้องและเข้าใจง่าย เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตามได้อย่างชัดเจน ก่อนดำเนินการซื้อวัสดุและอุปกรณ์ ครูมีการตรวจสอบแผนการดำเนินงานของนักเรียนให้เรียบร้อย นอกจากนี้ ครูจัดเตรียมอุปกรณ์และวัสดุให้เพียงพอ พร้อมแจ้งราคาวัสดุให้นักเรียนทราบก่อนดำเนินการเขียนใบสั่งสินค้า ในการสร้างชิ้นงาน ครูให้หัวหน้ากลุ่มอธิบายขั้นตอนการทำงานให้เพื่อนในกลุ่มฟัง เพื่อเน้นย้ำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการดำเนินงานก่อนเริ่มงาน ระหว่างการสร้างชิ้นงาน และดำเนินได้อย่างแล้วเสร็จตามเวลา นอกจากนี้ ครูควรติดตามและสังเกตการทำงานของนักเรียนเป็นระยะ เพื่อสำรวจความก้าวหน้าของงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงานของตนเอง เพื่อประเมินผลและปรับปรุงให้สำเร็จตามเงื่อนไขกำหนด ครูอธิบายกระบวนการทดสอบอย่างชัดเจน เช่น เกณฑ์และเงื่อนไขต่าง ๆ และเพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบและนำไปสู่การเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาได้ ครูจะต้องจัดเตรียมสถานที่สำหรับการทดสอบต้องมีความมั่นคง แข็งแรง และปลอดภัยต่อการใช้งาน นอกจากนี้ ครูได้เพิ่มการแข่งขัน สร้างความท้าทาย เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน หลังจากนั้นครูและนักเรียนทั้งห้องร่วมกันประเมินผลชิ้นงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางพัฒนาชิ้นงาน ครูอธิบายถึงความจำเป็นและประโยชน์ของการระบุข้อดีและข้อเสียของชิ้นงาน “การอภิปรายข้อดีและข้อเสียไม่ได้เป็นการจับผิดข้อผิดพลาดแต่เป็นการแนะนำเพื่อให้ทุกกลุ่มสามารถนำไปปรับปรุงจนสำเร็จได้” วิธีนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจคุณค่าของการให้และรับความคิดเห็น พร้อมทั้งให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ ในระหว่างวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ครูมีบทบาทในการใช้คำถามนำเพื่อให้เกิดอภิปรายกันในห้องเรียน จากนั้นนักเรียนนำไปปรับปรุง โดยครูควรเข้าไปติดตามและให้ข้อเสนอเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพขึ้น

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ครูได้กำหนดหัวข้อในการนำเสนอให้ชัดเจน เช่น การวางแผนการทำงาน แนวทางการแก้ปัญหาที่ใช้ระหว่างกระบวนการออกแบบภาพร่างและสร้างชิ้นงาน ปัญหาและอุปสรรคที่พบ รวมถึงวิธีการปรับปรุงและแก้ไข โดยมีการออกแบบโปสเตอร์ที่จะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์แนวคิดได้อย่างกระชับ เข้าใจง่าย และเปิดโอกาสให้เกิดการพูดคุยแลกเปลี่ยนในชั้นเรียน และครูควรให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาผ่านการระบุลงไปในการร่างร่วมกันภายในชั้นเรียน โดยครูจะมีบทบาทในการถามกระตุ้นและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

วัตถุประสงค์ที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ 3 วงจรปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าระหว่างการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน ศตวรรษที่ 21 เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ แต่ละวงจรปฏิบัติการ ดัง ภาพที่ 1

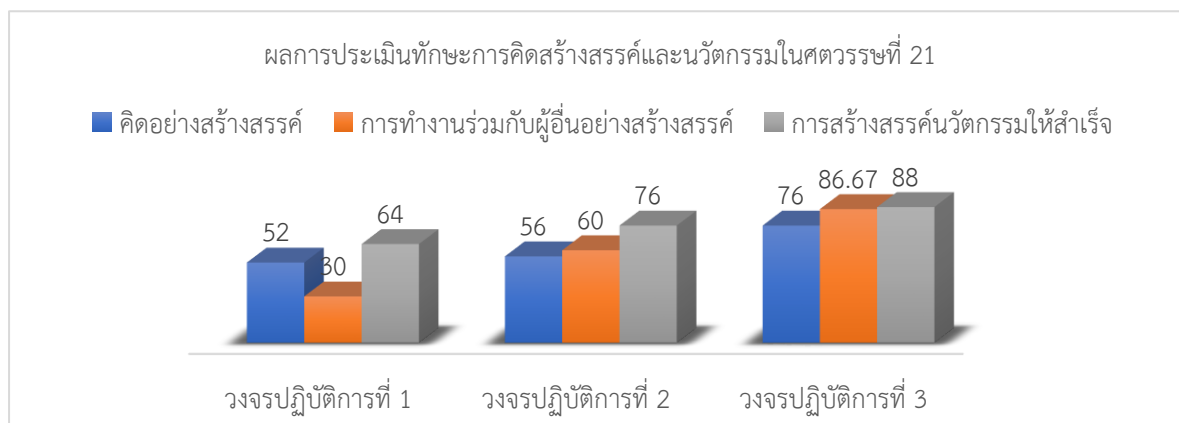


Figure 1: Comparison of Creativity and Innovation among the Three Cycles of Instructional Practice

จากภาพที่ 1 ผลการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 เพิ่มขึ้นทุกวงจรปฏิบัติการ โดยวงจรที่ 1 มีองค์ประกอบที่มากที่สุดคือ การสร้างสรรค์นวัตกรรมให้สำเร็จ มีคะแนนร้อยละ 64.00 คิดอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 52.00 และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 30.00 วงจรที่ 2 มีองค์ประกอบที่มากที่สุดคือ การสร้างสรรค์นวัตกรรมให้สำเร็จ มีคะแนนร้อยละ 76.00 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 60.00 และคิดอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 56.00 และวงจรที่ 3 มีองค์ประกอบที่มากที่สุดคือ การสร้างสรรค์นวัตกรรมให้สำเร็จ มีคะแนนร้อยละ 88.00 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 86.67 และคิดอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนร้อยละ 76.00

องค์ความรู้ใหม่

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ NRC (2012) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 มีองค์ประกอบด้วย 3 ด้าน ของ The Partnership for 21st Century Learning (2015) มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

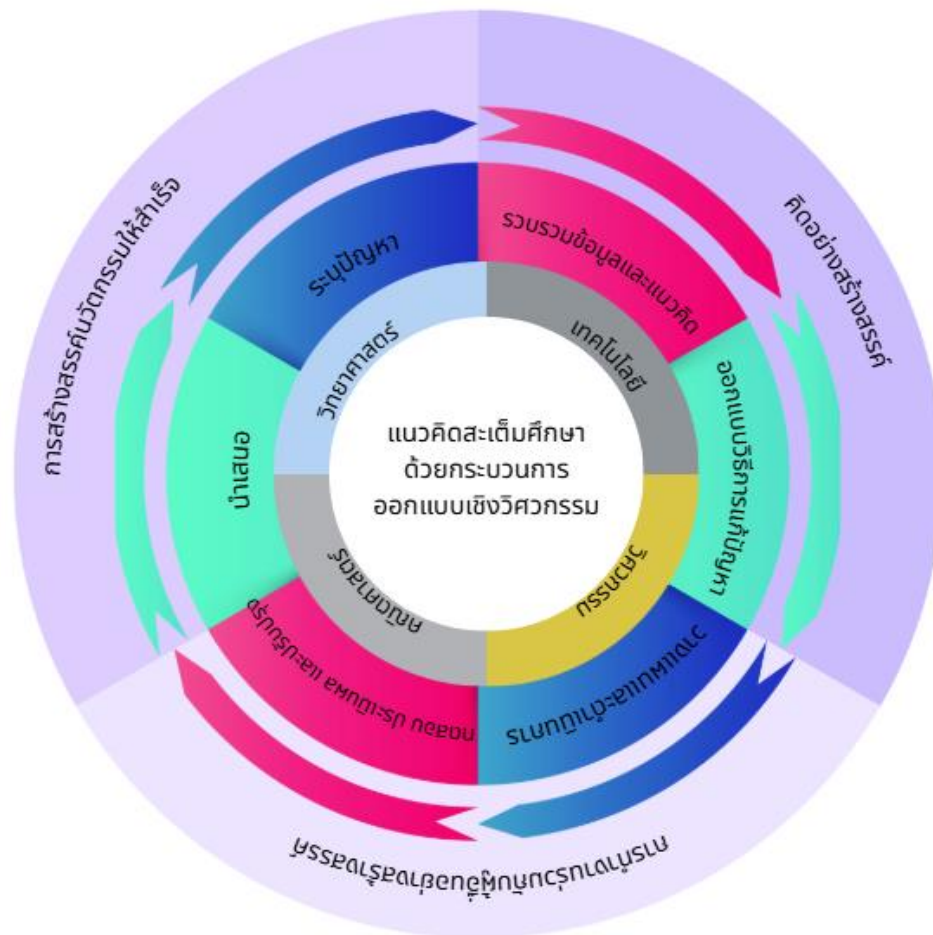


Figure 1: STEM Education Based on Engineering Design Process on Work and Energy to Enhance of Creativity and Innovation in 21st Century

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาสถานการณ์ที่ทำนายเกี่ยวข้องกับวิชาชีพช่างหรือด้านวิศวกรรม มีเงื่อนไขชัดเจน กำหนดบทบาทหน้าที่เพื่อให้มีส่วนร่วม และใช้คำถามกระตุ้นความคิด โดยต้องจัดเตรียมพื้นที่การทดสอบเพื่อให้เข้าใจโจทย์ตรงกัน และตรวจสอบความเข้าใจก่อนเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิด นักเรียนศึกษาข้อมูล ทดลองจริง และแลกเปลี่ยนความรู้ในกลุ่ม ครูออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และกระตุ้นบทบาทหน้าที่ในกลุ่มอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนสร้างแบบร่าง 3 แบบ ระบุองค์ประกอบ เช่น ขนาด วัสดุ มาตรฐาน ครุฑบทวนหลักการออกแบบ ยกตัวอย่าง และกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนวิเคราะห์ เลือกแนวทางที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการ นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงาน โดยคำนึงถึงเวลา งบประมาณ และทรัพยากร ครูตรวจสอบแผนก่อนเริ่มงาน ติดตาม ให้คำแนะนำ และส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง นักเรียนทดสอบผลงาน วิเคราะห์ผล ปรับปรุงให้ตรงตามเงื่อนไข ครูจัดกิจกรรมแข่งขัน เพิ่มความสนุก พร้อมอภิปรายข้อดีข้อเสียร่วมกันอย่างสร้างสรรค์

ขั้นที่ 6 นำเสนอ นักเรียนออกแบบโปสเตอร์สื่อสารแนวคิด โดยเชื่อมโยงความรู้ STEM ส่งเสริมให้นำเสนอด้วยภาพ แผนผัง หรือกราฟิกเพื่อสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนนี้ รูปแบบของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพช่าง และให้มีรายละเอียดที่ชัดเจนมากขึ้น ทั้งในด้านข้อมูล เงื่อนไข และข้อจำกัด พร้อมทั้งเพิ่มการจัดแสดงพื้นที่หรือภาพประกอบสถานการณ์จริง เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจบริบทได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การดำเนินการนี้ สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Jeenmuang (2019) ที่กล่าวว่า ครูควรสร้างความตระหนัก ความสำคัญของสถานการณ์ ที่สำคัญสถานการณ์ต้องมีเงื่อนไขสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน ครูได้ใช้แนวทางการอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียดก่อนเริ่มกิจกรรม ทั้งในด้านบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม วิธีการเขียนตอบในใบกิจกรรม และแนวทางการระดมความคิด ซึ่งช่วยลดความสับสนในกระบวนการดำเนินงานของนักเรียน สอดคล้องกับงานของ Phongnil (2017) ที่ชี้ให้เห็นว่า การอธิบายแนวทางการเรียนรู้ให้ชัดเจนก่อนเริ่มกิจกรรม ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการทำงานกลุ่ม และลดความเครียดของผู้เรียน ในระหว่างการระดมความคิด ครูมีบทบาทกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านคำถาม และการเน้นย้ำความสำคัญของการร่วมกันระบุปัญหากับเพื่อน ส่งผลให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Panich (2012) ที่กล่าวว่า การจะเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ต้องใช้ เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) นอกจากนี้ การที่ครูใช้คำถามตรวจสอบความเข้าใจทั้งห้องหลังการระบุปัญหา ยังเป็นกระบวนการช่วยให้ครูสามารถประเมินความเข้าใจของนักเรียนได้ทันที

ขั้นที่ 2 ขั้รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลและแนวคิดต่าง ๆ เพื่อนำไปออกแบบวิธีการในการแก้ไขปัญหา ครูควรออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ในรูปแบบของ กิจกรรมทดลอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถได้ประสบการณ์จริง และนำความรู้จากการสังเกตและทดลองไปอภิปรายและสรุปร่วมกับเพื่อนในกลุ่มได้ แนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Dewey (1938) ที่ว่า การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ เกิดขึ้นจากการกระทำ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์จริงกับความรู้ทางทฤษฎี และส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูแสดงขั้นตอนการทดลอง และออกแบบใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น และส่งเสริมการมีส่วนร่วมสอดคล้องกับงานของ Phongnil (2017) ที่เสนอว่าการใช้ใบกิจกรรมที่มีโครงสร้างชัดเจนช่วยให้นักเรียนทำงานได้เป็นระบบ และส่งเสริมความรับผิดชอบในกลุ่ม ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ครูมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงบทบาทหน้าที่ของตน และส่งเสริมการทำงานร่วมกันอย่างเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Johnson, and Johnson (1999) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือ ต้องมีการกำหนดบทบาทหน้าที่อย่างชัดเจนเพื่อให้เกิดความรับผิดชอบร่วมกันและส่งเสริมการเรียนรู้ของสมาชิกทุกคน

ขั้นที่ 3 ขั้เสนอแนะวิธีการแก้ปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องออกแบบภาพร่าง เพื่อนำไปแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ โดยอาศัยความรู้ ในการเขียนแบบภาพร่าง ต้องมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ การระบุขนาด วัสดุ และมาตราส่วน สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Kijkuekul (2015) ที่กล่าวว่า การ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคน สามารถ สร้างสรรค์ชิ้นงานและมีทักษะในการออกแบบ และคิดหาวิธีแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง ก่อนเริ่ม ครู ทบทวนหลักการเขียนแบบอย่างเป็นระบบ พร้อมแสดงตัวอย่างภาพร่างที่มีองค์ประกอบครบถ้วน วิธีการ

ดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีกรอบแนวคิดในการสร้างภาพร่างอย่างมีหลักการ ในส่วนของการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกแบบร่าง นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้ระบุข้อคิดเห็นเป็นรายบุคคลโดยให้เหตุผลประกอบ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเป็นหัวใจของการทำงานเป็นทีมอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Paul, and Elder (2006) ที่กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนมีโอกาสวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผลที่ชัดเจน

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนได้วางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน อย่างเป็นขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติงาน เรียนรู้การทำงานอย่างมีแบบแผน และรู้จักการวางแผนปฏิบัติการ โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยและเงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งด้านเวลาด้านงบประมาณ ครูอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนขั้นตอนการวางแผนดำเนินงาน โดยเน้นให้มีรายละเอียดครบถ้วน ใช้ภาษาที่ถูกต้องและเข้าใจง่าย เพื่อให้ นักเรียนสามารถดำเนินงานได้อย่างราบรื่นและบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ กระบวนการวางแผนไม่เพียงแต่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การทำงานอย่างเป็นขั้นตอน แต่ยังช่วยเสริมสร้างทักษะการทำงานเป็นทีมอีกด้วย สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Karemee (2017) ที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ นักเรียนทดสอบชิ้นงานของตนเอง เพื่อประเมินผลและปรับปรุงให้สำเร็จตามเงื่อนไขกำหนด ครูอธิบายกระบวนการทดสอบอย่างชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบและนำไปสู่การเสนอแนวทางแก้ไขปัญหามีเหตุผล ครูและนักเรียนทั้งสองร่วมกันประเมินผลชิ้นงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางพัฒนาชิ้นงาน ครูอธิบายถึงความจำเป็นและประโยชน์ของการระบุข้อดีและข้อเสียของชิ้นงาน วิธีนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจคุณค่าของการให้และรับความคิดเห็น พร้อมทั้งสร้างบรรยากาศที่เปิดกว้างให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Panich (2012) ที่กล่าวว่า การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ ๆ ทำได้โดยฟังข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่มเพื่อน นำไปปรับปรุง และสถานที่สำหรับการทดสอบต้องมีความมั่นคง แข็งแรง และปลอดภัยต่อการใช้งาน นอกจากนี้ ครูสามารถเพิ่มองค์ประกอบของการแข่งขันเพื่อสร้างความท้าทายและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Phimpaphan (2020) ที่กล่าวว่า บรรยากาศที่ท้าทาย เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับความสุขในชั้นเรียน และทำให้เกิดพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ครูควรกำหนดหัวข้อในการนำเสนอให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถเตรียมเนื้อหา และสื่อสารแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนควรได้รับโอกาสให้ออกแบบโปสเตอร์นำเสนออย่างอิสระ โดยเนื้อหาควรครอบคลุมถึงการนำความรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบภาพร่างและสร้างชิ้นงาน การวางแผนการทำงาน แนวทางการแก้ปัญหาที่ใช้ระหว่างกระบวนการออกแบบภาพร่างและสร้างชิ้นงาน ปัญหาและอุปสรรคที่พบ รวมถึงวิธีการปรับปรุงและแก้ไข ส่งเสริมทักษะด้านการสื่อสาร ครูต้องจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ สถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงชีวิตจริงฝึกให้นักเรียนมีโอกาสฝึกการสื่อสารมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน มีการระดมสมอง พูดอภิปรายให้ผู้อื่นรับรู้ และสอดคล้องกับ Vethakarn (2022) นำเสนอ ชิ้นงาน และการแก้ไขชิ้นงานของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการ แก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ อภิปรายจุดแข็งและจุดอ่อนใน ชิ้นงานของตนเอง

ผลจากการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ได้นักเรียนมีพัฒนาการทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังจากการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่า นักเรียนได้นำความรู้มาสร้างสรรค์โดยออกแบบแนวทางในการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ได้นวัตกรรมหรือชิ้นงานเป็นผลจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สอดคล้องกับ Hasmin (2020) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาใช้ร่วมในการจัดการเรียนรู้นั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหา จากสถานการณ์อย่างเป็นขั้นเป็นตอน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกทางด้านความคิดสร้างสรรค์ผ่านการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และการผลิตนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ในแต่ละกิจกรรมครูจะมอบหมายรูปแบบของสถานการณ์ที่ท้าทาย โดยมีเงื่อนไขต่าง ๆ พบว่า นักเรียนเกิดการคิดอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องด้านอาชีพช่างกระตุ้นความสนใจ มีเงื่อนไขที่ชัดเจน ซึ่งทำให้สามารถนำความรู้เดิมมาบูรณาการ และการระดมความคิดในกลุ่ม ทำให้เกิดการระบุปัญหา ร่วมกับการรวบรวมข้อมูลโดยการลงมือปฏิบัติผ่านกิจกรรมการทดลอง ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และเห็นถึงแนวคิดใหม่ ๆ จนนำไปสู่การออกแบบผ่านการสร้างภาพร่างให้หลากหลายและแปลกใหม่ สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Panich (2012) ที่กล่าวว่า การจะเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ต้องใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง และสอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Dewey (1938) ที่ว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นจากการกระทำ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์จริงกับความรู้ทางทฤษฎี และส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จนนำไปสู่การออกแบบผ่านการสร้างภาพร่างให้หลากหลายและแปลกใหม่ แล้วจึงนำแนวคิดนั้นไปสู่ การสร้างสรรค์นวัตกรรมให้สำเร็จ ซึ่งเป็นผลมาจากวิเคราะห์ ประเมินแบบร่าง ในขั้นการออกแบบ และ การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียด ในขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ทำให้การทำงานอย่างเป็นขั้นตอนตามหน้าที่ ร่วมกับทักษะด้านงานช่างที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลา งบประมาณ และทรัพยากรที่มีอยู่ มีการทดสอบชิ้นงาน ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำแนวทางการแก้ไขปัญหาจากเพื่อนและครู ทั้ง จุดเด่น จุดด้อยของชิ้นงาน มาปรับปรุงจนสามารถสร้างชิ้นงานได้ผลสำเร็จ ซึ่งในทุกขั้นตอน พบว่า นักเรียนการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งหน้าที่การทำงาน แต่ละขั้นมีการระดมสมอง เพื่อแสดงความคิดเห็นในสมาชิกกลุ่ม มีการตัดสินใจร่วมกันโดยนำความคิดเห็นของสมาชิกมาสังเคราะห์ในขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และการปรับปรุงแนวคิดโดยนำข้อคิดเห็นจากเพื่อนและครูมาใช้ ในขั้นการทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานจนเกิดผลสำเร็จ ซึ่งเป็นการฝึกฝนจนเกิดเป็นแนวทางปฏิบัติขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นอกจากนั้นการกระตุ้นให้เกิดการแข่งขัน ก็ส่งผลให้เกิดความท้าทายซึ่งทำให้สมาชิกในกลุ่มการทำงานร่วมกันมากขึ้น เช่นกัน สอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับ Johnson, and Johnson (1999) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือ ต้องมีการกำหนดบทบาทหน้าที่อย่างชัดเจนเพื่อให้เกิดความรับผิดชอบร่วมกันและส่งเสริมการเรียนรู้ของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม และสอดคล้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยของ Thongking (2020) ที่กล่าวว่า บรรยากาศที่ท้าทาย เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับความสุขในชั้นเรียน และทำให้เกิดพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

ผลการวิจัยพบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา โดยใช้สถานการณ์ที่มีเงื่อนไขชัดเจนเพื่อกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ 2) รวบรวมข้อมูล โดยให้นักเรียนได้ทดลองและแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผ่านการสร้างภาพร่างที่หลากหลาย 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ 5) ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน พร้อมประเมินผลอย่างมีเหตุผล และ 6) นำเสนอผลงานผ่านโปสเตอร์ที่สื่อสารกระบวนการและผลลัพธ์อย่างสร้างสรรค์ ผลการจัดการเรียนรู้ใน 3 วงจรปฏิบัติการพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้วยกระบวนการนี้สามารถพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 การจัดกิจกรรมระดมสมองในขั้นระบุปัญหา สิ่งสำคัญคือต้องชี้แจงให้ชัดเจนตั้งแต่ต้น เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจเป้าหมายและบทบาทของตนเอง เช่น จุดประสงค์ของการระดมสมอง บทบาทหน้าที่

1.2 การกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานอย่างละเอียดเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ครูควรอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนแผนงานที่ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและครบถ้วน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดความคลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับ

2.1 ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาองค์ประกอบการคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยพัฒนาขึ้น รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาวัยวิธีการอื่น ๆ อย่างหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนนำ ความรู้หรือแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและเทคโนโลยี มาใช้ในการสร้างสรรค์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคโนโลยี AI เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบและพัฒนาชิ้นงาน

References

- Buathong, S. (2017). Assessment and Evaluation of 21st Century Learning Skills. *Journal of Humanities, Social Sciences, and Arts*, 10(2), 1856-1867.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Macmillan Publishers.
- Hasmin, N. (2020). *STEM Education Based on Engineering Design Process for Developing Grade 10 Students' Collaborative Problem Solving Competencies in Motions Topic*. (Master's Thesis). Naresuan University. Phitsanulok.
- Jeenmuang, S., & Bongkotphet, T. (2020). STEM Approach Based on Engineering Design Process on Sound for Enhance of Creativity and Innovation of the 11th Grade Students. *Journal of Education, Burapha University*, 31(1), 59-74.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. (5th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.

- Kareemi, S. (2017). *Using the Engineering Design Process to Enhance Creativity and Problem-Solving Skills*. Retrieved November 20, 2024, from <https://www.scimath.org/article-science/item/12485-1-2>
- Ladachart, L. (2019). STEM Education and Engineering Design According to Teachers' Understandings and Perspectives. *Journal of Education, Burapha University*, 30(1), 89-101.
- Ministry of Education. (2024). *Announcement of the Office of the Vocational Education Commission: Vocational Education Development Policy of the Office of the Vocational Education Commission for the Fiscal Year 2024*. Retrieved June 24, 2024, from <http://bsq2.vec.go.th>
- Office of the Vocational Education Commission. (2019). *Guidelines and Practices for Vocational Education Management at the Certificate and Higher Certificate Levels*, Minburi Technical College, Bangkok. Retrieved June 24, 2024, from <https://bsq.vec.go.th/Portals/9/document/Course%20criteria/1.pdf>
- Panich, V. (2012). *Ways to Create Learning for Students in the 21st Century*. Bangkok: Sodsri-Saritwong Foundation.
- Paul, R., & Elder, L. (2006). *Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life*. (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Pongnil, N. (2017). *The Development of Analytical Thinking Skills Using Cooperative Learning Activities*. (Master's Thesis). Chiang Mai University, Chiang Mai.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016). *STEM-based Learning Approach*. Retrieved July 26, 2024, from https://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481
- Thongking, P. (2020). The Role of Teachers in Creating a Positive Classroom Environment in the 21st Century. *Journal of Inclusive and Innovative Education, Chiang Mai University*, 4(1), 50-59.
- Wethakan, W., & Bongkotphet, T. (2023). STEM Education Based on Engineering Design Process on Mechanical Equilibrium to Enhance Creativity and Innovation of the 10th Grade Students. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1), 150-164.