

การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

The Development of Creative Thinking Skills Based on STEAM
Education Using an Engineering Design Process of Seventh Graders

กิตติมาพร จันทร์¹ และ ภูษนิศา สุวรรณศิลป์^{2*}

Kittimaporn Junthorn¹ and Pusanisa Suwansil^{2*}

^{1,2}คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

^{1,2}Faculty of Education, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

*Corresponding author, email: pusanisa.suwansil@aru.ac.th

Received: 16 Jan 2024, Revised: 17 Mar 2025, Accepted: 4 Apr 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ให้มีประสิทธิภาพ 80/80 และ 2) เปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน จากโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย ที่กำลังศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 93.33/80.38 และ 2) คะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ทักษะความคิดสร้างสรรค์

Abstract

This research is a quasi-experimental study with the objectives to: 1) Develop a learning management plan based on STEAM education with an engineering design process to enhance creativity skills with an efficiency of 80/80, and 2) Compare creativity skills before and after learning through STEAM education using an engineering design process in the subject of Science and Technology, specifically in the unit on the basic units of living organisms. The sample consisted of 40 first-year secondary school students from Ayutthaya Wittayalai School, who were studying the Science and Technology course during the first semester of the 2024 academic year. The sample was selected purposively. The research instruments were a learning management plan based on STEAM education using an engineering design process and a creativity skills assessment. The statistical methods used for data analysis included mean, standard deviation (SD), and t-test. The research findings were: 1) The learning management plan based on STEAM education using an engineering design process had an efficiency of 93.33/80.38, and 2) The post-test creativity skills score was significantly higher than the pre-test score at the 0.05 level.

Keywords: STEAM Education, Engineering design process, Creative thinking skills

บทนำ

ทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีบทบาทสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ นวัตกรรม และศิลปะ ซึ่งเสริมสร้างความสำคัญในชีวิตประจำวันในการแก้ปัญหาชีวิต ตลอดจนการรักษาและการส่งเสริมความเป็นอยู่ที่ดีของคนเรา จึงทำให้ระบบการศึกษาไทยจำเป็นต้องออกแบบหลักสูตรการศึกษาของชาติให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ต้องจัดการเรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ควบคู่กับทักษะในศตวรรษที่ 21 (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2558) ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหาการสื่อสารและทำงานร่วมกับคนอื่น เป็นต้น (Partnership for 21st century skills, 2019) ทั้งนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กล่าวว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มสาระที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาคำตอบและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และจิตวิทยาศาสตร์ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ทั้งยังเป็นวิชาที่ครู

สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้โดยสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ เพื่อฝึกฝนผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ สืบเสาะหาความรู้ ค้นพบความรู้ และคิดสร้างสรรค์ด้วยตนเอง (นัฐยา ทองจันทร์ และ พงษ์ศักดิ์ แป้นแก้ว, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังระบุถึงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ความแปลกใหม่จากการลงมือปฏิบัติ คิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างหลากหลายวิธีที่มีความเป็นไปได้ และออกแบบการแก้ปัญหาด้วยความละเอียดรอบคอบและถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น มาตรฐาน ว 2.2 ตัวชี้วัด ม.2/3 นำวิธีการแยกสารไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาตรฐาน ว 2.2 ตัวชี้วัด ม.2/7 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน มาตรฐาน ว 2.3 ม.2/6 วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายการเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัด ม.2/4 สร้างแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมี จากข้อมูลที่รวบรวมได้ เป็นต้น ซึ่งเป็นการกระทำที่ผู้เรียนต้องอาศัยการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทั้งสิ้น อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญ คือ คุณภาพของผู้เรียนหลังจบชั้นมัธยมศึกษาชั้น ผู้เรียนควรมีทักษะความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยทักษะความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการมีส่วนร่วมในการสร้าง ประเมิน และปรับปรุงแนวคิด ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และหลากหลาย มีการพัฒนาองค์ความรู้ และเป็นการแสดงออกถึงจินตนาการที่เกิดประโยชน์ (OECD, 2019)

การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์มีมาหลายทศวรรษ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวว่า การเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้มีคุณลักษณะของความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาต่อยอดให้กลายเป็นคนรุ่นใหม่เป็นหนึ่งวิธีที่ดีที่สุด โดยทักษะความคิดสร้างสรรค์มีอยู่ในธรรมชาติของมนุษย์อยู่แล้ว จึงไม่สามารถถูกทำลายได้ แต่สามารถได้รับการชื่นชมหรือลดทอนได้เท่านั้น ทำให้โอกาสที่บุคคลจะแสดงศักยภาพด้านทักษะความคิดสร้างสรรค์ของตนเองมีน้อยลงหรือเพิ่มขึ้นได้ (Beghetto & Kaufman, 2014) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEAM education) พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEAM education) โดยสะเต็มศึกษามีจุดเน้นของการแก้ไขปัญหาตามแนวคิดและขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่รวมเอากลยุทธ์ทางด้านวิศวกรรมและการใช้เทคโนโลยี (Shaughnessy, 2013) ทำให้ธรรมชาติของสหวิทยาการของสะเต็มศึกษา ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากมุมมอง

ที่แตกต่างกันมาใช้เพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ทำให้สะเต็มศึกษามีศักยภาพเพียงพอที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (Henriksen, 2014) อย่างไรก็ตาม การนำศาสตร์ทางด้านศิลปะมาเป็นทักษะเพิ่มพูนความสามารถของผู้เรียนไว้ในกระบวนการเรียนการสอนจะเป็นการเติมเต็มการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น (Kim, & Kim, 2016) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีการนำสาระวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาเป็นโครงสร้างในทางวิศวกรรมศาสตร์ และนำศิลปะมาช่วยในการออกแบบและสร้างผลงานหรือองค์ความรู้ให้มีคุณค่ามากขึ้น ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเติมเต็มในการสร้างสรรค์และจัดการองค์ความรู้จนได้เป็นนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาได้จริง (สุภัก โอพาพิริยกุล, 2562)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์สามารถใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจและค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ และ 5) ประเมินผล (सानตวัฒน์ นาริสา และวิทยา วรพันธุ์, 2567) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้ 1) ปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบ วางแผน และพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (สมหญิง เพ็ชรสุวรรณ และ สิริินภา กิจเกื้อกุล, 2567) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ดังนี้ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) นิยามปัญหา 3) สร้างความคิด 4) สร้างต้นแบบ และ 5) ทดสอบ (ฐานิตดา นัดดี และ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2566) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิดสะเต็ม ดังนี้ 1) การสร้างความสนใจ 2) การสำรวจ 3) อธิบาย 4) วิศวกรรม 5) ปรับปรุง และ 6) ประเมินผล (ปัทมา จงลือชา, 2565) ซึ่งจากงานวิจัยข้างต้นต่างใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่เริ่มต้นจากปัญหาหรือสิ่งที่สงสัย นำไปสู่การคิดแก้ปัญหาด้วยการสืบค้นและรวบรวมข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อออกแบบและวางแผนด้วยกระบวนการทางวิศวกรรมและการใช้เทคโนโลยี ร่วมกับการเสริมศาสตร์ด้านศิลปะจนได้วิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หรือผลิตเป็นนวัตกรรมใหม่ จากนั้นทดสอบวิธีการหรือนวัตกรรม ทำการปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น และนำเสนอเป็นผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าว สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) ระบุปัญหา 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) การวางแผนและพัฒนา 5) การทดสอบและประเมินผล และ 6) การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนฝึกคิดสร้างสรรค์ได้ (สุธิดา การิณี, 2560)

จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงปัญหาของนักเรียนที่ไม่ค่อยสนใจเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่ร่วมกันคิดแก้ปัญหา และขาดแนวความคิดที่แปลกใหม่ ทำให้ไม่สามารถสร้างผลงานหรือปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ เช่น การออกแบบและการสร้างสรรค์แบบจำลอง การคิดแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนนิยมใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นการทดลอง การสังเกต หรือการสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้หรือหนังสือเรียนเป็นส่วนใหญ่ แต่ครูยังไม่ค่อยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะฝึกนักเรียนให้เกิดการคิดแก้ปัญหา ฝึกออกแบบและวางแผนอย่างเป็นระบบ อาจเนื่องจากเวลาเรียนที่จำกัดและเนื้อหาสาระที่ค่อนข้างมากในแต่ละภาคเรียน จึงมีความจำเป็นที่ครูควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ให้แก่ นักเรียน นอกจากนี้ จากผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์ PISA 2022 พบว่า ผลการประเมินของนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2567) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังต้องได้รับการพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์ให้มากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนสามารถรับมือกับความท้าทายต่าง ๆ ต้องสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์และปรับตัวให้เข้ากับแนวคิดและ การทำสิ่งใหม่ ๆ ที่ต้องมีการพึ่งพานวัตกรรมและการสร้างองค์ความรู้มากขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่องแคล่ว และความคิดละเอียดลออ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อให้ นักเรียนเป็นผู้ที่มีความคิดที่สร้างสรรค์ มีแนวความคิดที่แปลกใหม่ มีกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อเป็นแนวทางไปสู่การแก้ไขปัญหาในอนาคตอันเป็นแนวทางนำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ให้มีประสิทธิภาพ 80/80

2. เปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

ทบทวนวรรณกรรม

ทักษะความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลที่คิดในลักษณะ อเนกนัยที่สามารถสังเกตเห็น รับรู้ เข้าใจ และมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้า ตลอดจนสามารถ ผสมผสาน หรือดัดแปลงจินตนาการและความเป็นไปได้ จนเกิดเป็นนวัตกรรมในเวลาต่อมา องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (Guilford, 1967)

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับความคิดของผู้อื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา อาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครเสนอมาก่อน หรือเป็นความคิดที่มีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม ซึ่งความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว แต่นำมาพัฒนาปรับปรุงผสมผสานให้มีความแปลกใหม่แตกต่างจากที่เคยเห็น

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ 1) ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการเลือกใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วในรูปแบบต่าง ๆ 2) ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันได้มากที่สุดเท่าที่จะ มากได้ภายในเวลาที่กำหนด 3) ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก เป็นความสามารถ ในการใช้สีหรือประโยค หรือสามารถที่จะนำคำมาเรียบเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยค ที่ต้องการ และ 4) ความคิดคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายใน เวลาที่กำหนด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือรูปแบบของการคิด เพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ของคำตอบที่หลากหลาย แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายประเภท หลายมุมมองอย่างอิสระ 2) ความคิดยืดหยุ่น ทางด้านการดัดแปลง เป็นความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ หลายด้าน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนเป็นรูปธรรม หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้แบบ องค์กรร่วมด้วยตนเอง โดยบูรณาการระหว่างศาสตร์วิชาเข้าด้วยกัน ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และศิลปศาสตร์ มาผสมผสานเพื่อความตื่นตัวใน การเรียนรู้ โดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) โดย Yakman (2018) กล่าวว่า การจัดการศึกษาที่สามารถพัฒนากรอบการจัดการเรียนรู้ด้านสหวิทยาการเข้าด้วยกัน โดยการเพิ่มรายวิชาศิลปะหรือ Arts (A) เข้าไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ จะให้ประสิทธิภาพของผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการคิดและต่อยอดความคิดนั้น จนทำให้เกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมขึ้นมาใหม่ได้

ดังนั้น ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยครูมีบทบาทกำหนดปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ให้กับนักเรียนหรือคอยกระตุ้นโดยใช้คำถามให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Explore ideas) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยครูมีบทบาทคอยชี้แนะเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และกระบวนการในการแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และนำเสนอเชื่อถือ

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Problem solving plan) เป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ในกิจกรรมการสอนในเรื่องนั้น ๆ เพื่อเสริมสร้างการระดมความคิดสร้างสรรค์ภายในกลุ่มก่อนที่จะเข้าสู่การวางแผนและพัฒนาต่อไป โดยครูมีบทบาทคอยให้คำปรึกษาชี้แนะและอำนวยความสะดวกในระหว่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน

4. การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมทั้งออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยครูมีบทบาทส่งเสริมสนับสนุนคอยชี้แนะให้คำปรึกษาให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ตามขั้นตอนหรือกระบวนการที่วางแผนไว้

5. การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์

ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น โดยครูมีบทบาทคอยให้คำปรึกษา ชี้แนะและใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นหาวิธีการใหม่ ๆ ในการหาวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

6. การนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน (Present the solution) หลังการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้เรียนต้องนำเสนอผลลัพธ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและ น่าสนใจ โดยครูมีบทบาทคอยให้คำปรึกษา คอยชี้แนะและให้คำชมเชยให้กับนักเรียน

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย ซึ่งกำลังศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 640 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/11 โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จำนวน 40 คน ซึ่งกำลังศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.2 ตัวแปรตาม คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และทักษะความคิดสร้างสรรค์

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 2 เครื่องมือ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

2. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หน่วยการเรียนรู้เรื่องหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต จำนวน 3 แผน แผนละ 2 คาบ รวม 6 คาบ คือ แผนที่ 1 เรื่องเซลล์ แผนที่ 2 เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ และแผนที่ 3 เรื่องการลำเลียงสารเข้าออกเซลล์ โดยแต่ละแผนจะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ภาษาและการนำไปใช้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงเรื่องการสะกดคำ และแนะนำการเลือกใช้พืชที่เห็นผลการทดลองได้เร็วและชัดเจน ผู้วิจัยจึงปรับแก้ตามคำแนะนำดังกล่าว

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 43 คน ใช้เวลา 6 คาบ โดยเป็นนักเรียนคนละกลุ่มกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และปัญหา ระหว่างจัดการเรียนรู้ โดยพบว่านักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนด เพราะนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในการตัดขนาดของพืช เพราะคำชี้แจงในสถานการณ์ไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้ปรับแก้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยมีขั้นตอนในการสร้างและพัฒนา ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะความคิดสร้างสรรค์
2. สร้างแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยแบบวัดมีลักษณะเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 5 ข้อคำถาม แต่ละคำถามสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์

3. นำแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ภาษาและการนำไปใช้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงลักษณะของข้อคำถามให้เป็นการวิเคราะห์และการสร้างสรรค์มากกว่าความรู้ความจำ ผู้วิจัยจึงปรับแก้ไขตามคำแนะนำดังกล่าว

4. นำแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 43 คน ใช้เวลา 1 คาบ โดยเป็นนักเรียนคนละกลุ่มกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบลักษณะของแบบวัดและปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างใช้แบบวัด โดยพบว่านักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจคำถามและแนวทางการเขียนตอบ ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายให้ละเอียดพร้อมยกตัวอย่างคำตอบจากสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.81

โดยเกณฑ์การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะแบบรูบริค และแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ๆ ละ 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก (4 คะแนน) ระดับดี (3 คะแนน) ระดับพอใช้ (2 คะแนน) และระดับปรับปรุง (1 คะแนน) รวมคะแนนเต็ม 16 คะแนน ส่วนการแปลผล ดังนี้ ช่วงคะแนน 0–4 อยู่ในระดับปรับปรุง ช่วงคะแนน 5–8 อยู่ในระดับพอใช้ ช่วงคะแนน 9–12 อยู่ในระดับดี และช่วงคะแนน 13–16 อยู่ในระดับดีมาก

โดยตัวอย่างคำถามในแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์

คำถามข้อที่ 1 จากสถานการณ์จงยกตัวอย่างชื่อสถานที่ที่ครูมดตะนอยควรไปเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาค้นคว้า (สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 1 ความคิดริเริ่ม)

คำถามข้อที่ 2 จงบอกสิ่งทีครูมดตะนอยควรปรับปรุง เพื่อให้เกิดการค้นพบใหม่อย่างหลากหลาย (สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 2 ความคิดยืดหยุ่น)

คำถามข้อที่ 3 จงบอกสิ่งมีชีวิตและประเภทของสิ่งมีชีวิตที่คิดว่าครูมดตะนอยเคยค้นพบให้ได้มากที่สุด (สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 3 ความคิดคล่อง)

คำถามข้อที่ 4 จงอธิบายลักษณะของสถานที่ที่ครูมดตะนอยควรไปเก็บตัวอย่างให้ละเอียด (สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 4 ความคิดละเอียดลออ)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ครูชี้แจงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้นักเรียนเข้าใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสอบถามในประเด็นที่สงสัย

4.2 นักเรียนทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 1 คาบ (คาบละ 50 นาที)

4.3 ครูดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต รวมใช้เวลา 6 คาบ

4.4 นักเรียนทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นแบบวัดฉบับเดียวกับก่อนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 1 คาบ

4.5 ตรวจสอบวัดทั้งสองฉบับ วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80

5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบที (Dependent sample t-test)

ผลการวิจัย

1. การหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนจำนวน 40 คน ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยคะแนนเก็บระหว่างเรียน 126.00 คะแนน คิดเป็น

ร้อยละ 93.33 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียน 16.08 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.38 มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 93.33/80.38 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์

จำนวนนักเรียน	คะแนนเก็บระหว่างเรียน (คะแนนเต็ม 135 คะแนน)		คะแนนทดสอบหลังเรียน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		E ₁ /E ₂ เกณฑ์ (80/80)
	\bar{x}	E ₁ (%)	\bar{x}	E ₂ (%)	
40	126.00	93.33	16.08	80.38	93.33/80.38

2. การเปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แบบวัด	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	SD	df	t-test	p-value
หลังเรียน	40	16	9.65	0.949	39	2.614*	0.013
ก่อนเรียน	40	16	8.93	1.607	39		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้สถิติทดสอบที พบว่า ค่า t มีค่าเท่ากับ 2.614 และผลการทดสอบความมีนัยสำคัญมีค่า 0.013 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ คือ 0.05 แสดงว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 93.33/80.38

2. คะแนนทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเปรียบเทียบทักษะความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 93.33/80.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 โดยจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวแรก (E1) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ประสิทธิภาพ (E1) มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 93.33 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 ตัวหลัง (E2) ของการจัดการเรียนรู้ พบว่า ประสิทธิภาพ (E2) มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 80.38 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนจากกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 93.33 และนักเรียนมีคะแนนจากการสร้างชิ้นงานรวมถึงคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 80.38 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่ดีขึ้นได้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอย่างมาก และจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนได้ผสมผสานองค์ความรู้ระหว่างรายวิชาแบบองค์รวมด้วยตนเอง ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และศิลปะ ทำให้นักเรียนเกิดความตื่นตัวในการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมระดมสมอง และลงมือทำด้วยตนเอง (Gu et al., 2023) หากพิจารณาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน พบว่า มีรายละเอียดของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา นักเรียนระดมสมองกันภายในกลุ่ม ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการตรวจสอบข้อเท็จจริง ทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ระบุปัญหามาไปสู่การคิดริเริ่มในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และ สิริินภา กิจเกื้อกุล (2566) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ช่วยกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ ทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา ร่วมกันกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องแก้ไข เพื่อให้ได้ข้อสรุปของกลุ่ม และนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนต้องรวบรวมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อใช้ในการออกแบบ ชิ้นงานหรือหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ปิยวรรณ ทศกาญจน์ (2561) ที่ได้ศึกษา การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนต้องบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ในการวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่จะช่วยแก้ปัญหาได้จริงต่อไป ขั้นที่ 3 ออกแบบ การแก้ปัญหา เป็นการใช้นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไข เช่น พิจารณาเงื่อนไขในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ มีวัสดุอุปกรณ์อะไรบ้างที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างชิ้นงานหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ร่วมกับการใช้ความรู้แบบ องค์รวมจากหลายศาสตร์ตามที่ได้รวบรวมไว้มาประกอบ เช่น อาจเริ่มจากร่างรูปแบบชิ้นงาน หรือร่างลำดับขั้นตอนวิธีการดำเนินการแก้ปัญหา และอาจใช้นวัตกรรมเดิม ประสบการณ์เดิมที่เคยรู้ มาแล้วมาปรับปรุงใหม่ หรือใช้นวัตกรรมใหม่ที่แตกต่างจากเดิมได้ ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียน ได้คิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสมหญิง เพ็ชรสุวรรณ และ สิริินภา กิจเกื้อกุล (2567) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า ขั้นตอนออกแบบ วางแผน และพัฒนา นักเรียนจะได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ต้องอาศัยข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต และลายผ้าทอน้ำอ่างมาใช้เป็นหลักด้วย นอกจากนี้ การออกแบบลายผ้าทอโดยใช้รูปเรขาคณิตสามมิติ ยังถือเป็นเรื่องที่แปลกใหม่สำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา และลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผน เช่น สร้างชิ้นงานจากแบบที่ร่างไว้และนำชิ้นงานไปทดลองใช้จริง หรือดำเนินการแก้ปัญหาตามลำดับ ขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Almuharomah et al. (2023) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา กับภูมิปัญญาท้องถิ่น สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การสร้างชิ้นงาน ซึ่งคือการสร้าง บ้านริมชายหาด ต้องดำเนินการตามเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยต้องสร้างบ้านจากแบบที่ได้ร่าง โครงสร้างเอาไว้ นำชิ้นงานไปทดลองใช้ และดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อไม่ให้คลื่นพัดมาถึงตัวบ้านได้ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนทดสอบ และประเมินผลการใช้ชิ้นงานหรือประเมินคำตอบจากการแก้ปัญหา โดยทดสอบด้วยการดำเนินการ ซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ลักษณะของชิ้นงานหรือคำตอบของวิธีการ

แก้ปัญหา และนักเรียนจะต้องร่วมกันวิเคราะห์หาจุดดีและจุดบกพร่อง เพื่อพัฒนาไปสู่ชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของฐานิตดา นันดี และ สกนธ์ชัย ชะนุนันท์ (2566) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง วัสดุและการใช้ประโยชน์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ในขั้นการทดสอบชิ้นงาน นักเรียนต้องช่วยกันทดสอบและแก้ไขชิ้นงาน 3 ครั้ง ตามเงื่อนไขที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงผลงานให้ดียิ่งขึ้น ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอชิ้นงานและผลการแก้ปัญหา นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงาน หรือขั้นตอนการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาให้เพื่อนร่วมชั้นและครูเข้าใจ และนักเรียนกลุ่มอื่นสามารถวิพากษ์วิจารณ์และให้ข้อเสนอแนะแก่เพื่อนต่างกลุ่ม ในการปรับปรุงชิ้นงานและวิธีการแก้ปัญหาให้ดีขึ้นในอีกแนวทางหนึ่งอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับงานวิจัยของธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และ สิริรญา กิจเกื้อกุล (2566) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารอาหารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ในขั้นนำเสนอผลและแนวทางในการปรับปรุงผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหา และกระบวนการสร้างชิ้นงาน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอแนะข้อดี ข้อด้อย และวิธีการปรับปรุงชิ้นงานให้กับเพื่อนกลุ่มที่นำเสนอหลังจากที่นำเสนอเสร็จแล้ว เพื่อช่วยให้เพื่อนกลุ่มที่นำเสนอได้แนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานในครั้งต่อไปให้ดียิ่งขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากนักเรียนจำนวน 40 คน โดยใช้แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี เพราะกิจกรรมการเรียนรู้จะครอบคลุมการลงมือปฏิบัติจริง ด้วยการใช้องค์ความรู้จากหลายศาสตร์ ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศิลปะ เริ่มตั้งแต่ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา นักเรียนต้องร่วมกันคิดริเริ่มระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้ได้ปัญหาที่หลากหลายไม่ซ้ำซ้อน และครอบคลุมทุกด้านของปัญหา ซึ่งส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนต้องช่วยกันสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ได้รับรู้ไว้ ศึกษาแนวคิดในแต่ละศาสตร์วิชาให้ละเอียดอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ และสามารถเลือกใช้แนวคิดที่แตกต่างกัน แต่สามารถเชื่อมโยงเพื่ออธิบายในเรื่องเดียวกันได้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหาต่อไป ซึ่งส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น ขั้นที่ 3 ออกแบบการแก้ปัญหา เป็นการใช้นวัตกรรม

ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไข เช่น จากสถานการณ์ข้างต้น หากไม่มีมันเทศจะใช้พืชชนิดใดทดแทน ซึ่งนักเรียนสามารถวิเคราะห์โดยใช้ผักกาดขาว หรือผักที่มีต้นสีเขียว หรือสีขาวยาวเพราะเวลานำไปจุ่มในสีผสมอาหารจะทำให้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่งจะส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของคำตอบที่หลากหลาย และนักเรียนยังต้องออกแบบวิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น หากใช้พืชชนิดอื่นมาทดแทนมันเทศ ซึ่งนักเรียนต้องวิเคราะห์ข้อมูลเดิมที่มีอยู่มาปรับปรุงหรืออาจผสมผสานความคิดให้เกิดวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ซึ่งจะส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้พืชที่จะตรวจสอบ เช่น มันเทศ ผักกาดขาว หรือผักที่มีต้นสีเขียว ตั้งสมมติฐาน กำหนดและควบคุมตัวแปรต้น ตัวแปร ตัวแปรควบคุม ออกแบบขั้นตอนการทดลองเพื่อทดสอบว่าความเป็นจริงของสถานการณ์ที่กำหนดไว้ กำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน ซึ่งจะส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนทดสอบและประเมินผลการใช้ชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งปรับปรุงชิ้นงานและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดการสร้างชิ้นงานและขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงาน หรือขั้นตอนการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาให้แก่เพื่อนร่วมชั้นและครู จากนั้นเพื่อนทุกคนสามารถนำเสนอข้อควรปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่นได้ อาจเสนอด้วยแนวคิดเดิมแต่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมบางปัจจัย หรือนำเสนอวิธีการใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม ซึ่งจะส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม หรืออาจเสนอเพิ่มเติมรายละเอียดลงไปบางขั้นตอนที่ยังไม่สมบูรณ์ เพื่อให้เห็นลักษณะขั้นตอนที่ชัดเจนเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ ซึ่งจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในทุกขั้นตอน จะมีการสอดแทรกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ให้ครอบคลุมในแต่ละด้าน เพื่อพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้มีทักษะความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างครบทุกด้าน ที่สำคัญกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมระดมสมองรายกลุ่มในทุกขั้นตอน สอดคล้องกับงานวิจัยของศานตวัฒน์ นารีสา และ วิทยา วรพันธุ์ (2567) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนระบุปัญหารวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาวางแผน สร้างสรรค์

นวัตกรรม ประเมินผล และนำเสนอผลลัพธ์ตามแนวคิดของนักเรียนพร้อมทั้งอธิบายผลงานที่สร้างขึ้นได้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง เกิดการเรียนรู้เป็นหมู่คณะ เกิดเป็นองค์ความรู้จนสามารถนำความรู้ที่นำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริง นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของปัทมา จงลือชา (2565) ที่ศึกษา การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสะเต็ม พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E ตามแนวคิดสะเต็ม เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้วางแผนขั้นตอนการทำงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เพื่อออกแบบและเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของทักษะความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ที่ผู้วิจัยนำมาพัฒนาผู้เรียนยังเป็นทักษะความคิดสร้างสรรค์ในระดับทั่วไป ซึ่งควรพัฒนาต่อยอดให้สอดคล้องกับความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ของ OECD (2019) ที่ประกอบด้วยความสามารถ 2 ด้าน คือ การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างสรรค์องค์ความรู้และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อเป็นการเตรียมผู้เรียนให้มีการคิดนอกกรอบในการทำงานตามบริบทต่าง ๆ สำหรับการเป็นพลเมืองโลกที่ดี

ข้อเสนอแนะ

1. การนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มไปใช้สอน ควรศึกษาขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติ โดยประเด็นที่ควรพิจารณา คือ เงื่อนไขที่กำหนดควรเป็นสถานการณ์ใกล้ตัวนักเรียน ควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้จริง

2. ครูควรอธิบายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ให้นักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองก่อน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามหากมีข้อสงสัย และครูต้องให้คำแนะนำแก่นักเรียนอย่างต่อเนื่องในประเด็นต่าง ๆ เช่น การเลือกใช้อองค์ความรู้ให้ครอบคลุมทุกศาสตร์ การปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

- ฐานิตดา นัดดี และ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2566). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยการบูรณาการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน เรื่อง วัสดุและการใช้ประโยชน์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 25(4), 154-165.
- ฉัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และ สิริินภา กิจเกื้อกูล. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารอาหารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(10), 50-69.
- นัฐยา ทองจันทร์ และ พงษ์ศักดิ์ แป้นแก้ว. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง. *วารสารบัณฑิตวิจัย*, 7(1), 1-14.
- ปัทมา จงลือชา. (2565). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการออกแบบ 6E (The 6E Learning by Design) ตามแนวคิดสเต็ม (STEAM EDUCATION) (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปิยวรรณ ทศกาญจน์. (2561). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศานตวิวัฒน์ นารีสา และ วิทยา วรพันธุ์. (2567). การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยบูรณาการสเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 18(4), 55-69.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). *ผลการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์ของ PISA 2022*. <https://www.ipst.ac.th/news/73892/20240712-pisa2022.html>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับประถมศึกษา*. <https://scimath.org/e-books/8922/flippingbook/index.html#1>

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3*. องค์การค้ำของ สกสศ.
- สุธิดา การิมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. *นิตยสาร สสวท.*, 46(209), 23-27.
- สุภัค โอฬาพิริยกุล. (2562). STEAM EDUCATION: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้ STEAM EDUCATION: Innovative Education Integrated into Learning Management. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 9(1), 1-16.
- สมหญิง เพ็ชรสุวรรณ และ สิริินภา กิจเกื้อกุล. (2567). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตในลายผ้าทอน้ำอ่างของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Education and Innovation*, 26(2), 332-346.
- Almuharomah, F. A., Sunarno, W., Masykuri, M., Mayasari, T., Huriawati, F., & Sasono, M. (2023). Development of STEAM-LW based creative thinking skill test instruments for grade IX junior high school students. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 9(1), 66-78.
- Beghetto, R.A., & Kaufman, J.C. (2014). Classroom contexts for creativity. *High Abil. Stud.*, 25, 53–69.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill Book Co.
- Gu, X., Tong, D., Shi, P., Zou, Y., Yuan, H., Chen, C., & et al. (2023). Incorporating STEAM activities into creativity training in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 1-13.
- Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *STEAM J.*, 1, 1–7.
- Kim, B. H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, 12, 1909-1924.
- OECD. (2019). *PISA 2021 Creative Thinking Framework (Third draft)*. <https://www.teachertoolkit.co.uk/wp-content/uploads/2024/09/PISA-2021-creative-thinking-framework.pdf>
- Partnership for 21st Century Skills. (2019). *Framework for 21st Century Learning Definitions*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_DefinitionsBFFK.pdf

Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324.

Yakman, G. (2018). *STEAM education: An overview of creating a model of integrative education* (Master Thesis). Virginia Polytechnic and State University.