

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์
และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

**The STEM Education to Enhance Scientific and Engineering
Practices for Grade 4 Students on Physical
Properties of Materials**

อมรพัชรรัตน์ ปฐมพรหมมา และ สิริินภา กิจเกื้อกูล

มหาวิทยาลัยนเรศวร

Amornpatcharirat Pathompromma and Sirinapa Kijkuakul

Naresuan University

Corresponding Author, E-mail: Amorn.56085408@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ โดยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ และชิ้นงาน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและการตรวจสอบแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่สามารถส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ต้อง 1) กระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาปัญหาและตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง 2) ให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น 3) ใช้คณิตศาสตร์และการคำนวณมาสนับสนุนวิธีการและการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา 4) กำชับให้ผู้เรียนวางแผนกระบวนการทำงานและทดสอบสมบัติวัสดุก่อนการทำงานทุกครั้งเพื่อลดกระบวนการลองผิดลองถูก 5) กระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ออกแบบวิธีการทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และ 6) กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายและนำเสนอชิ้นงานด้วยเหตุผลหรือหลักฐานที่เชื่อถือได้ นอกจากนี้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการวางแผนและค้นหาคำตอบได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การตั้งคำถามและการนิยามปัญหา การพัฒนาและใช้แบบจำลอง การสร้างคำอธิบายและการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การยืนยันแนวคิดหรือการ

* วันที่รับบทความ : 13 ตุลาคม 2567; วันแก้ไขบทความ 18 พฤศจิกายน 2567; วันตอบรับบทความ : 19 พฤศจิกายน 2567

โต้แย้งโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์และการคำนวณ การสืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล และการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล ตามลำดับ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา; การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์; สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

Abstract

The aim of this research is to study the implementation of the STEM education learning approach to enhance scientific and engineering practices for grade 4 students on the physical properties of materials. The research methodology consists of three cycles of action research, and the participants are 17 students at the educational opportunity expansion school in Uttaradit Province. The research instruments include lesson plans, teaching reflections, scientific and engineering practice observations, notes, and students' artefacts. Content analysis and triangulation are used to examine the data. The results indicate that STEM teaching encourages students to: 1) identify problems and pose scientific questions, enabling them to independently design solutions; 2) use information from their data searches; 3) use mathematics and computation to support methods and the design of problem solutions. Also, STEM teaching encourages students to: 4) plan the work process and test material properties before work to reduce the trial-and-error process; 5) design methods for testing, evaluating, and revising work using a variety of scientific process skills, 6) explain and present their work with reasons or reliable evidence. In addition, most students appeared to develop their scientific and engineering practices in planning and carrying out investigations; asking questions and defining problems; developing and using models; constructing explanations and designing solutions; arguing by evidence; using mathematics and computational thinking, obtaining, evaluating, and communicating information; as well as analysing and interpreting data, respectively.

Keywords: STEM Education; Scientific and Engineering Practices; Physical Properties of Materials

บทนำ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก เกิดการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้ วิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมและการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยมีความเชื่อว่าประเทศใดมีบุคคลที่ทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมมากที่สุ่ดก็จะได้เปรียบในการพัฒนาประเทศอย่างรอบด้าน ดังนั้นในหลายประเทศทั่วโลกจึงมีความตื่นตัวที่จะพัฒนาในคนประเทศให้มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมมากขึ้น ในขณะที่วิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ผลงานเพื่อสนองความต้องการของ

มนุษย์โดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาหรือการทำงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาต่อยอดให้เป็นรูปธรรมได้ และในขณะเดียวกันก็สร้างเทคโนโลยีขึ้นมาใหม่เพื่อให้การดำรงชีวิตปัจจุบันสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น การนำวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้ประสบความสำเร็จในการเรียนด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ดังนั้นการสืบเสาะที่เป็นกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เป็นกระบวนการทำงานของวิศวกรจึงมีแนวปฏิบัติที่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งปรากฏในกรอบมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS, 2013) ของประเทศสหรัฐอเมริกา

มาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next generation science standards: NGSS, 2013) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้อธิบายหลักการเรียนรู้สำคัญ 3 มิติที่เชื่อมโยงกัน โดยระบุว่า ในมิติที่ 1 มุ่งเน้นให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีการฝึกปฏิบัติวิทยาศาสตร์ควบคู่กับวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยแนวปฏิบัติทางด้านวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ สร้างรูปแบบ ทฤษฎี เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และแนวปฏิบัติทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่วิศวกรใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ และได้กำหนดลักษณะการฝึกปฏิบัติวิทยาศาสตร์ควบคู่กับวิศวกรรมศาสตร์ไว้ 8 ประการ ได้แก่ 1) การตั้งคำถาม (การปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์) และการนิยามปัญหา (การปฏิบัติงานทางวิศวกรรมศาสตร์) 2) การพัฒนาและใช้แบบจำลอง 3) การวางแผนและต้นหาคำตอบ 4) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล 5) การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์และการคำนวณ 6) การสร้างคำอธิบาย (การปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์) และการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (การปฏิบัติงานทางวิศวกรรมศาสตร์) 7) การยืนยันแนวคิดหรือการโต้แย้งโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และ 8) การสืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล จะเห็นว่าวิศวกรรมเข้ามาบทบาทและสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 ของประเทศไทยพบว่า มีความสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา แต่ยังไม่ได้ครอบคลุมแนวปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์ ตัวชี้วัดของไทยไม่ได้แสดงความลุ่มลึกของแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพียงแค่แสดงพฤติกรรมที่คาดหวังให้นักเรียนปฏิบัติได้เมื่อจบแต่ละระดับชั้นเท่านั้น (กรกนก เลิศเดชาภัทร และชาติรีย์ ฝ่ายคำตา, 2562 : น. 231) และจากการที่ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี พบว่า การจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2566) เรื่อง สมบัติของวัสดุที่ผ่านมา ครูมักจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทดลองเพื่อตรวจสอบสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์ให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถอธิบายสมบัติของวัสดุได้ แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การใช้ประโยชน์ใน

ชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งครูมองข้ามการบูรณาการความรู้เรื่อง สมบัติของวัสดุ กับวิชาอื่น ๆ นักเรียนจึงไม่สามารถบอกได้ว่าจะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้อย่างขาดการเน้นทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในแง่ของความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนจึงไม่คุ้นเคยกับการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนาทักษะการทำงานเชิงวิศวกรรม เมื่อนักเรียนต้องเรียนรู้หรือเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา นักเรียนจึงปฏิบัติงานดังกล่าวได้ไม่ดีเท่าที่ควร

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการความฉลาดรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Science: S) ความฉลาดรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology: T) ความฉลาดรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้ สามารถสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2565) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สามารถช่วยพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการทำงานแบบวิศวกรตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ นักเรียนมีทักษะการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน มีการอ้างอิงความรู้ที่น่าเชื่อถือ มีกระบวนการตรวจสอบปรับปรุงเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนได้โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกถึงทักษะการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะการพัฒนาวัตกรรม และทักษะการใช้ชีวิต นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ทักษะดังกล่าวเพื่อพัฒนาการเรียนรู้และทักษะการทำงานของตนเองในอนาคตได้

จากปัญหาและแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยการวิจัยดังกล่าวเน้นการศึกษาด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observation) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ที่เป็นวงจรต่อเนื่องกันตามแนวคิดของ Kemmis (1988 อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ จำนวน 1 แผนต่อ 1 วงจร

กลุ่มเป้าหมาย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 17 คน โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย แผนที่ 1 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานจากชิ้นส่วนยางเหลือใช้ แผนที่ 2 เรื่อง การนำความร้อนของวัสดุ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างกระเปาะเก็บอุณหภูมิที่มีการประยุกต์ใช้วัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน และแผนที่ 3 เรื่อง การนำไฟฟ้าของวัสดุ เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างอุปกรณ์ให้แสงสว่างจากการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จากวัสดุที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าโดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา โดยการคำถาม ระบุปัญหา และความต้องการในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่ออธิบายวิธีการแก้ไขปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการพัฒนาและใช้แบบจำลองในการอธิบายวิธีการแก้ไขปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่ออกแบบไว้ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานพร้อมวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพ และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงานโดยใช้รูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ

2. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบบันทึกเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยขณะที่ดำเนินกิจกรรม โดยผู้วิจัยและผู้มีส่วนร่วมสังเกตการสอนซึ่งเป็นครูระดับชำนาญการพิเศษหรือครูที่มีประสบการณ์สอนในวิชาวิทยาศาสตร์ 10 ปีขึ้นไปร่วมกันสังเกตและทำการจดบันทึกบรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในแต่ละวงจรว่าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถ

ช่วยส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร และควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

3. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นแบบสังเกตกิจกรรมโครงสร้าง โดยผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ สิ่งที่ครูทำขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียน หลักฐานที่พบ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมโดยพิจารณาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้น

4. แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้นักเรียนเขียนบันทึกทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้จะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งแต่ละใบกิจกรรมการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ และทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยและครูประจำการหลังจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ร่วมกับการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้และชิ้นงานของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยข้อมูลที่ได้จากแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำมาจัดกลุ่มข้อมูลในหมวดหมู่เดียวกัน วิเคราะห์และสรุปข้อมูลตามประเด็น ได้แก่ จุดเด่น ปัญหา/อุปสรรค และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป เพื่อสรุปเป็นแนวทางการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ และชิ้นงาน ผู้วิจัยพิจารณาคำตอบและการสังเกตการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็นรายกลุ่ม นำข้อมูลมาใส่รหัส วิเคราะห์และจำแนกระดับการแสดงออกถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เกณฑ์และรายการประเมินตาม

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (National Research Council: NRC, 2012) โดยกำหนดระดับพฤติกรรมปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนที่ปรากฏในแต่ละองค์ประกอบ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับ 3 (สูง) ระดับ 2 (กลาง) และ ระดับ 1 (ต่ำ) ดังแสดงในตารางที่ 1

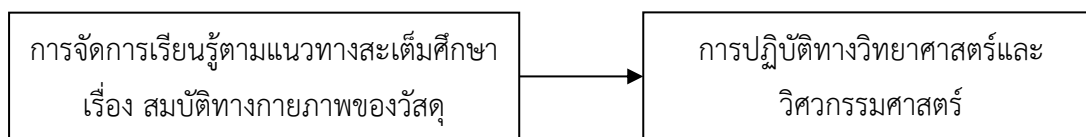
ตารางที่ 1 ตัวอย่างรหัสและระดับคุณภาพตามความสอดคล้องพฤติกรรมปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

องค์ประกอบ	ประเด็น การประเมิน	รหัส	ระดับ/ เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
1. การตั้ง คำถามและการ นิยามปัญหา (A)	1) การตั้ง คำถามหรือ กำหนดปัญหา จากการสังเกต หรือการใช้ ข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ (O)	AO3	ระดับ 3 (สูง) : สามารถตั้งคำถาม หรือกำหนดปัญหาจากการสังเกต หรือการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ ด้วยตนเอง	นักเรียนสามารถตั้งคำถามหรือ กำหนดปัญหาจากการสังเกตหรือ การใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วย ตนเองเมื่อเห็นสถานการณ์ที่ครู กำหนด
		AO2	ระดับ 2 (กลาง) : สามารถตั้งคำถาม หรือกำหนดปัญหาจากการสังเกต หรือการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ ด้วยตนเองบางส่วน และต้องได้รับการ กระตุ้นจากครูหรือเพื่อน	นักเรียนสามารถตั้งคำถามหรือ กำหนดปัญหาจากการสังเกตหรือ การใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วย ตนเองบางส่วน และต้องได้รับการ กระตุ้นจากครูหรือเพื่อน
		AO1	ระดับ 1 (ต่ำ) : ไม่เกิดการตั้งคำถาม หรือกำหนดปัญหาจากการสังเกต หรือการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ น้อยมาก จะเกิดพฤติกรรมที่ตั้ง คำถามเมื่อได้รับการกระตุ้นจากครู	นักเรียนไม่เกิดการตั้งคำถามหรือ กำหนดปัญหาจากการสังเกตหรือ การใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ หรือ เกิดการตั้งคำถามได้น้อยมาก จะเกิด พฤติกรรมที่ตั้งคำถามเมื่อได้รับ การกระตุ้นจากครู

ผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) ประเภทการใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง (Resource Triangulation) และการใช้วิธีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน (Method triangulation)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ มีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผู้วิจัยนำเสนอข้อค้นพบดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ในวงจรปฏิบัติที่ 1 จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังระบุปัญหาจากสถานการณ์ไม่ได้ เนื่องจากแนวทางแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์มีความกว้างเกินไปสำหรับผู้เรียน นักเรียนยังนึกไม่ออกว่าต้องการนำชิ้นส่วนยางในเก่าไปสร้างชิ้นงานอะไรได้บ้าง แต่เมื่อครูปรับสถานการณ์ให้มีความใกล้ตัวนักเรียนมากขึ้นเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดว่านักเรียนจะต้องสร้างชิ้นงานอย่างไรเพื่อให้สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิของอาหารไว้ได้ มีการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้นเฉพาะเจาะจงมากขึ้น มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน พบว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาหรือตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหามาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ในวงจรปฏิบัติที่ 2 และวงจรปฏิบัติที่ 3

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ในวงจรปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยขาดการกำหนดขอบเขตของการสืบค้นให้แก่ นักเรียน นักเรียนไม่รู้ว่าจะต้องสืบค้นเกี่ยวกับอะไร และยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลองค์ความรู้สะเต็มศึกษาทั้ง 4 ด้าน ว่ามีความเกี่ยวข้อง เชื่อมโยงหรือจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของตนเองอย่างไร การสืบค้นข้อมูลของนักเรียนจึงยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์เท่าที่ควร ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการสืบค้นข้อมูลที่ชัดเจนและชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาใช้ในการอธิบายชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเอง แต่ในขั้นตอนนี้จะพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการใช้อุปกรณ์ในการสืบค้นข้อมูล เช่น การพิมพ์ การใช้คำค้นหา การเข้าถึงแหล่งข้อมูลต่าง ๆ การตีความและสรุปผลข้อมูลจากการสืบค้น ดังนั้นครูต้องให้ข้อเสนอแนะในการใช้คำค้นหาและการเลือกแหล่งข้อมูลที่ต้องการ และในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า นักเรียนบางคนไม่รู้จักหรือไม่เคยพบเห็นวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าและ

ฉนวนไฟฟ้าที่ครูนำมาให้ดู ครูจึงให้ข้อเสนอแนะการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อให้
นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะ หลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ มากขึ้น

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้พบว่าวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนออกแบบชิ้นงานได้ช้า และ
ไม่รู้จะเขียนภาพร่างอย่างไร เนื่องจากนักเรียนยังไม่ได้สัมผัสวัสดุที่นักเรียนจะต้องนำมาใช้ในการสร้างชิ้นงาน
นักเรียนมีความกังวลว่าชิ้นงานที่สร้างจริงจะไม่ตรงกับแบบที่เขียนไว้ ในวงจรปฏิบัติที่ 2 และวงจรปฏิบัติที่ 3
ครูจึงนำวัสดุอุปกรณ์มาให้เด็กเรียนศึกษาลักษณะก่อนการออกแบบชิ้นงาน จึงพบว่านักเรียนสามารถออกแบบ
ภาพร่างกระเปาะเก็บอุณหภูมิตามความคิดของกลุ่มได้ แต่ภาพร่างยังระบุข้อมูลไม่ครบถ้วน โดยไม่มีการระบุ
ขนาด รายละเอียดของวัสดุ ที่ปรากฏในชิ้นงาน และการอธิบายหลักการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้จะพบว่านักเรียนไม่มีความเข้าใจในการ
ออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหายังเป็นลำดับขั้นตอน จึงทำให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการทำงานที่ไม่ชัดเจน
นักเรียนขาดการใช้การวัดหรือการกำหนดขนาดในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน การคำนวณราคาสินค้าเป็น
เพียงการประมาณเท่านั้น ไม่ได้เกิดจากการนำวัสดุมาซื้อขายจริง นักเรียนจึงไม่เห็นคุณค่าของการใช้วัสดุ และ
นักเรียนไม่ได้ทดสอบใช้วัสดุก่อนการออกแบบ ทำให้เกิดการลองผิดลองถูกและใช้วัสดุอย่างสิ้นเปลือง ดังนั้นใน
วงจรปฏิบัติที่ 2 ครูจึงเน้นย้ำให้นักเรียนได้ใช้คณิตศาสตร์และการคำนวณในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน
พบว่านักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหได้โดยการระบุขั้นตอนย่อยในการทำงาน ได้แก่ การกำหนด
วัตถุประสงค์ในการสร้างชิ้นงาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบและ
สร้างชิ้นงานของตนเองก่อนแล้วจึงปรับแก้การเขียนขั้นตอนการทำงานให้สมบูรณ์อีกครั้ง และในวงจรปฏิบัติที่
3 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถออกแบบวิธีการแก้ไขปัญห และสร้างชิ้นงานได้ด้วยตนเองตรงตามทีออกแบบไว้
ระหว่างการสร้างชิ้นงานครูแนะนำให้เด็กเรียนทดสอบชิ้นงานของตนเองระหว่างการสร้างชิ้นงาน เพื่อปรับปรุง
แก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพก่อนการทดสอบจริง

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหหรือชิ้นงาน ในวงจรปฏิบัติที่ 1
พบว่านักเรียนยังไม่ทราบว่าทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานของตนเองอย่างไร เพียงแต่เป็นการทดลองใช้
ชิ้นงานว่าสามารถใช้งานได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เท่านั้น นักเรียนไม่สามารถกำหนดรูปแบบและวิธีการ
บันทึกผลการทดสอบชิ้นงานของตนเองได้ ดังนั้นการออกแบบและบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพจึง
เป็นไปในรูปแบบที่ครูกำหนด การปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานยังไม่แสดงให้เห็นถึงการนำผลจากการทดสอบมาใช้
ดังนั้นในวงจรปฏิบัติที่ 2 และวงจรปฏิบัติที่ 3 ครูจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบผลงานก่อนการนำเสนอ
นักเรียนได้มีโอกาสปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเองให้ดีขึ้น โดยรูปแบบการทดสอบ ประเมินผลชิ้นงาน เกิด
จากการออกแบบร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน พบว่าในวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนจะเน้นประเด็นการนำเสนอไปที่วิธีการใช้งาน และประโยชน์ที่ได้รับ และขาดการเชื่อมโยงไปถึงความรู้ของสะสมเดิมศึกษาที่มีต่อชิ้นงาน นักเรียนผู้ฟังการนำเสนอให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปลักษณะและความสวยงามของชิ้นงานเท่านั้น โดยนักเรียนไม่ได้ทดลองใช้งานชิ้นงานจริงเพื่อชี้แจงให้เห็นข้อดี ข้อจำกัด และการให้ข้อเสนอแนะที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และการนำเสนอเป็นเพียงการนำผลงานมาเล่าหน้าชั้นเรียน ดังนั้นในวงจรปฏิบัติที่ 2 ครูจึงเน้นย้ำให้นักเรียนได้นำเสนอถึงผลการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานและวิธีการปรับปรุงแก้ไข พร้อมกับการเชื่อมโยงองค์ความรู้สะสมเดิมศึกษาที่ได้จากการสืบค้นมาใช้ในการอธิบายชิ้นงาน จึงพบว่านักเรียนสามารถนำเสนอผลงานได้ตามหัวข้อที่กำหนด นักเรียนบางกลุ่มเชื่อมโยงสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนมาอธิบายชิ้นงานของตนเอง เมื่อเพื่อนที่ร่วมฟังการนำเสนอมีข้อสงสัย นักเรียนสามารถอธิบายได้ตามความเข้าใจของตนเอง แต่มีการให้เหตุผลที่ยังไม่ใช่เชิงวิทยาศาสตร์ และในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่านักเรียนมีความกล้าแสดงออกในการนำเสนอชิ้นงาน มีการนำเสนอถึงปัญหาที่พบระหว่างการสร้างชิ้นงาน แต่นักเรียนยังไม่ได้ฝึกการนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ เช่น การสร้างอินโฟกราฟิก หรือการใช้โปรแกรมนำเสนอ

2. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสามารถจัดกลุ่มของผู้เรียนตามระดับการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

องค์ประกอบการปฏิบัติทาง วิทยาศาสตร์และ วิศวกรรมศาสตร์	ร้อยละของจำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามระดับ								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	สูง	กลาง	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ
1) การตั้งคำถามและการนิยาม ปัญหา	50 (3)	33.34 (2)	16.66 (1)	33.34 (2)	66.66 (4)	0	66.66 (4)	33.34 (2)	0
2) การพัฒนาและใช้แบบจำลอง	16.67 (1)	66.66 (4)	16.67 (1)	66.67 (4)	33.34 (2)	0	66.66 (4)	33.34 (2)	0
3) การวางแผนและค้นหาคำตอบ	0	33.34 (2)	66.66 (4)	66.66 (4)	33.34 (2)	0	83.33 (5)	16.67 (1)	0
4) การวิเคราะห์และแปล ความหมายข้อมูล	0	16.67 (1)	83.33 (5)	0	100 (6)	0	0	100 (6)	0

องค์ประกอบการปฏิบัติทาง วิทยาศาสตร์และ วิศวกรรมศาสตร์	ร้อยละของจำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามระดับ								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	สูง	กลาง	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ	สูง	กลาง	ต่ำ
5) การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์และการคำนวณ	0	0	100	0	83.33	16.67	33.34	66.66	0
			(6)		(5)	(1)	(2)	(4)	
6) การสร้างคำอธิบายและการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	0	100	0	16.67	66.66	16.67	50	50	0
		(6)		(1)	(4)	(1)	(3)	(3)	
7) การยืนยันแนวคิดหรือการโต้แย้งโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	16.67	16.67	66.66	16.67	50	33.33	50	50	0
	(1)	(1)	(4)	(1)	(3)	(2)	(3)	(3)	
8) การสืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล	0	0	100	0	66.66	33.34	33.34	66.66	0
			(6)		(4)	(2)	(2)	(4)	

หมายเหตุ : จำนวนกลุ่มของผู้เรียนระบุอยู่ใน ()

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า โดยภาพรวมผู้เรียนมีการพัฒนาการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบได้ดีตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้เรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการด้านการวางแผนและค้นหาคำตอบได้ดีที่สุด รองลงมา คือ การตั้งคำถามและการนิยามปัญหา การพัฒนาและใช้แบบจำลอง การสร้างคำอธิบายและการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การยืนยันแนวคิดหรือการโต้แย้งโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการคำนวณ การสืบค้น ประเมิน และสื่อสารข้อมูล และการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผู้วิจัยจะอภิปรายในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา ผู้สอนควรกระตุ้นผู้เรียนเห็นความตระหนักของปัญหาด้วยการชี้ให้เห็นว่าปัญหา คือ สถานการณ์ที่ไม่ดีหรือมีข้อจำกัดบางอย่างแล้วส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของนักเรียน แล้วทำให้นักเรียนมีความต้องการที่จะแก้ไขปัญหามิฉะนั้นจะสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว สำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาที่ไม่สามารถตีความและค้นหาปัญหาได้ ผู้สอนอาจกระตุ้นให้ผู้เรียนได้อ่านวิเคราะห์พร้อมขีดเส้นใต้ประโยคที่บ่งบอกถึงปัญหาหรือผลกระทบเชิงลบ แล้วจึงกระตุ้นไปสู่การตั้งคำถามที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหานั้นได้ โดยฝึกให้นักเรียนค้นหาปัญหาและตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ผู้สอนควรสอดแทรกสถานการณ์ที่เป็นภาพหรือคลิปวิดีโอเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนสามารถตีความได้ง่าย

และเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ผู้สอนอาจกำหนดขอบข่ายภาระงานหรือชิ้นงานที่แคบลง มีวิธีการและเกณฑ์วัดที่ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นเป้าหมาย ข้อดี ข้อจำกัด ของวิธีการหรือนวัตกรรมที่จะนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา แล้วสามารถลงมือแก้ไขปัญหาหรือสร้างชิ้นงานด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริพร เครือทอง (2563 : 88) ที่กล่าวว่า การนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ภายใต้ข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับ สุกัญญา เชื้อหลุณโพธิ์ (2561 : 129) ที่กล่าวว่า การสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและมีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่ชัดเจน การเน้นย้ำให้นักเรียนนำเสนอปัญหาในกลุ่มก่อนแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อหาข้อสรุปปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวคือปัญหาอะไร เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้สอนควรอำนวยความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ในการสืบค้นหรือแหล่งข้อมูลมาให้นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้ หรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้คำค้นหาและเลือกใช้แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ กำหนดขอบเขตข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบเพื่อให้นักเรียนสามารถบันทึกได้อย่างถูกต้อง ครูผู้สอนควรระบุว่าความรู้ด้านต่าง ๆ ของสะสมเต็มศึกษา จะปรากฏอยู่ในขั้นตอนใดบ้างของการเรียนรู้ ผู้สอนควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องแก่นักเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบสะสมเต็มศึกษาด้านต่าง ๆ ในกรณีที่นักเรียนยังไม่สามารถบอกแนวทางแก้ไขปัญหาได้ ผู้สอนอาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้นตัวอย่างวิธีการจากแหล่งต่าง ๆ ที่เหมาะสมและเป็นไปได้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาของตนเอง ผู้สอนควรเพิ่มการตรวจสอบข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมาได้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและกระตุ้นให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้ในการสนับสนุนชิ้นงานของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ สมกร ศิลาโชติ (2563 : 134) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษา จำเป็นต้องสร้างองค์ความรู้พื้นฐานก่อนนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้แก่นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรม

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนควรจัดหาวัสดุอุปกรณ์มาให้นักเรียนทดลองใช้หรือทดสอบสภาพการใช้งานก่อนเพื่อให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการออกแบบและสามารถมองเห็นทิศทางในการสร้างชิ้นงานมากขึ้น ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับแก้แบบร่างของวิธีการหรือชิ้นงานของตนเองอีกครั้งทั้งระหว่างหรือภายหลังการสร้างชิ้นงาน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นข้อดีข้อจำกัดของแบบร่างและวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ ได้คัดเลือกแบบร่างที่ดีที่สุดและมองเห็นความเป็นไปได้ต่อการสร้างชิ้นงานของตนเอง สามารถอธิบายภาพร่างวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ประกอบไปด้วยการระบุตำแหน่ง บอกรูปร่างลักษณะ ส่วนประกอบ คุณสมบัติ และการทำงานของชิ้นงาน และควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการใช้คณิตศาสตร์และการคำนวณในการออกแบบภาพร่างชิ้นงานเสมอ เพื่อลดความผิดพลาดในขั้นตอนการสร้างชิ้นงานให้น้อยลงได้ และเพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทำงานแบบวิศวกร ผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนออกแบบและสร้างชิ้นงานของ

ตนเองโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ที่อาศัยการระดมความคิดจากสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ ภัสสร ติตมา (2558 : 75) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้ระดมความคิดและช่วยกันตัดสินใจเลือกแบบร่างที่ออกแบบไว้โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการสร้าง จุดประสงค์ในการสร้าง และงบประมาณที่จะใช้สร้าง นักเรียนได้ตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุมาสร้างแบบจำลองโดยมีงบประมาณที่จำกัด ได้ฝึกการวางแผน และในการสร้างชิ้นงานมีการปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานในชีวิตจริง และหลักการทำงานของวิศวกรรม

4. ขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนเขียนร่างขั้นตอนการทำงานก่อนทุกครั้ง เพื่อฝึกให้นักเรียนได้วางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้นตอน สามารถตรวจสอบและแก้ไขกระบวนการทำงานได้ มีการกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานโดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของสร้างวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน กำหนดและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐานของวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน การกำหนดวิธีการวัดและประเมินผลชิ้นงาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และเขียนสรุปขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นลำดับ แล้วจึงจะดำเนินงานตามแผนที่วางไว้เพื่อให้เกิดกระบวนการทำงานหรือสร้างชิ้นงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดความผิดพลาดในการทำงานให้น้อยลง ช่วยให้นักเรียนสามารถทำงานได้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด ผู้สอนอาจเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานและทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานก่อน แล้วจึงกลับมาตรวจสอบและเขียนขั้นตอนการทำงานให้สมบูรณ์อีกครั้งเพื่อให้ตรงตามความเป็นจริง

ในการดำเนินการแก้ไขปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน ผู้สอนควรกำหนดให้ผู้เรียนได้มีการทดสอบสมบัติของวัสดุก่อนการสร้างชิ้นงานจริง กำหนดหรือจำกัดปริมาณการใช้วัสดุที่เหมือนกัน เพื่อให้นักเรียนทราบเป้าหมายและรูปแบบของการสร้างชิ้นงาน นักเรียนสามารถบริหารจัดการและใช้วัสดุให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ลดกระบวนการลองผิดลองถูกของนักเรียนซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดการใช้วัสดุอย่างสิ้นเปลืองหรือไม่เกิดประโยชน์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงแก้ไขการออกแบบชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับ ธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ (2566) ที่กล่าวว่า นักเรียนควรมีการวางแผนการออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน มีการเขียนอธิบายวางแผนการทำงานทุกขั้นตอน ให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างชิ้นงานตามแบบที่วางไว้ ซึ่งผู้เรียนมีการบริหารจัดการเวลาในการสร้างชิ้นงานเพื่อให้งานเสร็จทันเวลาตามที่กำหนด

5. ขึ้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้สอนควรให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดด้วยตนเองโดยใช้วิธีการง่าย ๆ ตามนิยามเชิงปฏิบัติการที่ได้ระบุไว้ในขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางว่าสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหานั้นสามารถสังเกตหรือวัดได้จากสิ่งใด ผู้สอนอาจมีส่วนร่วมออกแบบตารางบันทึกผลการทดสอบชิ้นงาน และกำหนดให้มีการเปรียบเทียบการใช้งานหรือประสิทธิภาพกับชิ้นงานของกลุ่มอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนเห็นข้อดีข้อจำกัดของการออกแบบและสร้างชิ้นงานของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำผลงานไปทดลองใช้จริงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนสามารถค้นพบปัญหาที่แท้จริงและสามารถปรับปรุงแก้ไข

ชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ ปฏิมา ชุมร่า (2565) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะต้องทดสอบ และประเมินผลชิ้นงานของตนเอง และถ้าชิ้นงานของนักเรียนไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ นักเรียนจะต้องหาวิธีแก้ปัญหา และปรับปรุงชิ้นงานของตนเองให้มีประสิทธิภาพตามต้องการ

6. ชื่นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบาย สอดแทรกความรู้เพิ่มเติมศึกษาที่มีผลต่อความสำเร็จของการสร้างชิ้นงาน ควรกระตุ้นให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ ผลงานอย่างสร้างสรรค์ในแง่ของกระบวนการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม สมบัติของวัสดุที่มีต่อประสิทธิภาพ ชิ้นงาน การออกแบบให้มีรูปทรงต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการใช้เหตุผล หลักฐานและองค์ความรู้เพิ่มเติมศึกษาที่มีประโยชน์ต่อการสนับสนุนชิ้นงานมากขึ้น ผู้สอนควรกำหนดให้นักเรียนได้ใช้รูปแบบการนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ รูปแบบการใช้งานเหมาะสมกับการสามารถของผู้เรียน เช่น การใช้โปรแกรมกราฟิก เปิดโอกาสให้บุคคลภายนอกชั้นเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับ Robert (2013 อ้างถึงใน วิภาพร เวียงเงิน, 2566) ที่กล่าวว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ตั้งคำถาม และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของครูและเพื่อน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเอง

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพของวัสดุ โดยภาพรวมพบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบได้ดีตามลำดับ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุด และน้อยที่สุด รวมไปถึงการพัฒนาขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่น่าสนใจ ผู้วิจัยจะอภิปรายผลได้ดังนี้

องค์ประกอบของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ผู้เรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาได้ดีที่สุด คือ การวางแผนและการค้นหาคำตอบ โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาอยู่ในระดับ สูง ตามลำดับ ผู้เรียนจะแสดงออกถึงพฤติกรรม 2 ขั้นตอนควบคู่กัน ได้แก่ การวางแผนการทดลองหรือการแก้ไขปัญหา และการดำเนินการแก้ไขปัญหาหรือการค้นหาคำตอบที่สงสัย ในส่วนของการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถระบุวัตถุประสงค์ของการสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ไขปัญหาได้ แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายวิธีการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาได้ นักเรียนเน้นไปที่การเขียนขั้นตอนการสร้างชิ้นงานเป็นส่วนใหญ่ ไม่ได้อธิบายขั้นตอนการทำงานในภาพรวม มีการเขียนไม่เป็นลำดับขั้นตอน และไม่สอดคล้องกับการสร้างชิ้นงานจริง และนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานได้ เนื่องจากยังไม่ได้ลงมือสร้างชิ้นงานจริงเลยไม่ทราบว่าต้องทำอะไรก่อนและหลัง ผู้วิจัยได้จึงเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานก่อนแล้วจึงกลับมาเขียนขั้นตอนการแก้ไขปัญหาหรือสร้างชิ้นงานอีกครั้งเพื่อเป็นการสรุปขั้นตอนการทำงานทั้งหมด จนพบว่าผู้เรียนเข้าใจกระบวนการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาแล้วสามารถออกแบบและลงมือเขียนเองได้ดีขึ้นในวงจรปฏิบัติการต่อมา แต่ทั้งนี้ต้องได้รับการเสนอแนะจากครูผู้สอนอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่า มีผู้เรียนบางกลุ่ม

สามารถออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหได้ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนมีประสบการณ์เดิมจากการออกแบบวิธีการทดลองวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่สงสัยผ่านกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนที่ผ่านมา

ในส่วนของการดำเนินการแก้ไขปัญหหรือการค้นหาคำตอบ พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างชิ้นงาน ทดสอบชิ้นงาน และลงมือแก้ไขปัญหตามสถานการณ์ที่กำหนดด้วยตนเองได้ โดยครูผู้สอนเป็นผู้ให้การช่วยเหลือในการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในทุกวงจรปฏิบัติการ เป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยเริ่มจากผู้เรียนได้วางแผนออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหและลงมือค้นหาคำตอบหรือแก้ไขปัญหด้วยตนเองภายใต้การช่วยเหลือของกลุ่ม นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการวางแผน คิดค้นวิธีการแก้ไขปัญห เลือกวัสดุอุปกรณ์ และลงมือสร้างวิธีการแก้ไขปัญหหรือชิ้นงานสำหรับแก้ไขปัญหด้วยตัวของนักเรียนเอง ในองค์ประกอบนี้ได้ฝึกให้นักเรียนได้คิดตัดสินใจโดยใช้ความคิดของตัวเองนักเรียนเป็นหลัก เมื่อนักเรียนค้นพบปัญหาก็สามารถจัดการปัญหาได้ด้วยตนเองภายใต้การให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนของครูผู้สอน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในแนวคิด วิธีการแก้ไขปัญหและนวัตกรรม โดยเปรียบเสมือนว่าตนเองเป็นเจ้าของความคิดและองค์ความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนกกานต์ เนตรรัศมี (2562 : 29) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้ โดยการเรียนรู้ต้องมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ส่วนผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะหรือให้คำปรึกษาเท่านั้น และผู้สอนควรให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพในกระบวนการทำงานอย่างเต็มที่ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้วิจารณญาณในการคิดหาวิธีการแก้ปัญหได้อย่างอิสระ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

องค์ประกอบของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ผู้เรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาได้น้อยที่สุด คือ การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาอยู่ในระดับ กลาง โดยจากการดำเนินกิจกรรมในองค์ประกอบนี้ พบว่า นักเรียนขาดทักษะการออกแบบตารางบันทึกผลการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจว่าจะตรวจสอบและประเมินผลด้วยวิธีการใด แต่ไม่รู้จะบันทึกผลการทดลองออกมาในลักษณะใด ผวนกับครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการบันทึกข้อมูลจากการทดสอบชิ้นงานด้วยตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่จึงไม่มีแนวทางในการออกแบบวิธีการบันทึกข้อมูล ดังนั้น ครูจึงเป็นผู้ชี้แนะและนำเสนอตัวอย่างตารางให้นักเรียนดูเป็นส่วนใหญ่ เมื่อนักเรียนบันทึกผลข้อมูลลงในตารางครบถ้วนแล้ว นักเรียนไม่มีการสรุปและอภิปรายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ จึงทำให้การนำเสนอผลจากการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหายังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร ทั้งนี้ครูควรกำหนดรูปแบบหรือโครงร่างการบันทึกข้อมูลให้นักเรียนเข้าใจก่อน มีการกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นแนวทางในการสรุป อภิปราย และรายงานผลจากการออกแบบวิธีการแก้ไขปัญห และครูควรฝึกให้นักเรียนอธิบายผลจากตารางอย่างสม่ำเสมอ พัฒนาต่อยอดไปสู่การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบที่หลากหลายและน่าสนใจ

และสามารถพัฒนาไปสู่การกิจกรรมการนำเสนอและสื่อสารข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาควง (2562) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นจะเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ วางแผน สืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานจริง โดยระบุว่าขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นสร้างชิ้นงาน และขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญกับผู้เรียน เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการจัดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นนี้ จะช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้จากแหล่งที่มาที่หลากหลายรวมถึงแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือและสามารถบรรยายวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการร่างออกแบบชิ้นงานในแต่ละเรื่อง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลได้มากที่สุด

องค์ประกอบของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์อื่น ๆ ที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้ดีขึ้นในลักษณะที่เหมือนกันคือ ในวงจรปฏิบัติการแรกนักเรียนมีลักษณะการแสดงออกถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในระดับต่ำ นักเรียนสามารถแสดงออกถึงพฤติกรรมดังกล่าวได้น้อย เนื่องจากนักเรียนยังไม่มี ความคุ้นเคยกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควบคู่กับกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ที่ซับซ้อนและเป็นลำดับขั้นตอน ในบางองค์ประกอบพบว่านักเรียนขาดทักษะที่จำเป็นในหลายทักษะที่จะเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ เช่น การอ่านวิเคราะห์ตีความสถานการณ์ การเขียนบันทึกข้อมูล การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งทักษะขั้นพื้นฐานและทักษะขั้นสูง ดังนั้นครูจึงกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อมา ครูชี้แจงรายละเอียดกิจกรรมที่ชัดเจนให้นักเรียนทราบก่อน ครูคอยให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้แก่ นักเรียน ทั้งอุปกรณ์ในการสืบค้นข้อมูล การจัดแหล่งข้อมูล วัสดุ อุปกรณ์สำหรับทำกิจกรรม และการให้ข้อเสนอแนะตลอดระยะเวลาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นผลให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นอย่างเป็นลำดับในเวลาต่อมา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา เชื้อหลุยโพธิ์ (2561 : 130) ที่กล่าวว่า ขั้นตอนทดสอบและปรับปรุงครูเน้นย้ำเรื่องการจดบันทึกสิ่งที่นักเรียนได้ทำการแก้ไขระหว่างทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน เพื่อแสดงถึงการพัฒนาการของนักเรียนได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนัส ขวดดา (2559 : 11) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้เกิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากนั้นนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อสนองความต้องการหรือแก้ไขปัญหาก็เกี่ยวข้องกันกับชีวิตประจำวันได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยในครั้งนี้

1.1 ครูควรเลือกใช้และกำหนดสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียนและเหมาะสมกับวัย สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาสถานการณ์ควรมีขอบเขตที่แน่ชัดว่าต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหาเกี่ยวกับอะไร ในสถานการณ์อาจมีการระบุผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับตัวนักเรียน มีการใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่ายหรือการใช้ภาพประกอบ เพื่อให้นักเรียนระบุปัญหาและมองเห็นแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยตนเองอย่างรวดเร็ว

1.2 การศึกษาพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีรายละเอียดและเกณฑ์การประเมินค่อนข้างมาก ครูต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบบันทึกกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครอบคลุม มีวิธีการวัดและประเมินผลสำหรับทุกองค์ประกอบ ครูควรสร้างการมีส่วนร่วมให้นักเรียนรับรู้ได้ว่ากิจกรรมในขั้นตอนต่าง ๆ นักเรียนจะได้ฝึกทักษะอะไรบ้างที่แสดงออกถึงการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่นักเรียนจะใช้ควบคู่กันในการกระบวนการทำงาน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

ที่หลากหลายเพื่อผลการวิจัยที่ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น อาจมีการประยุกต์ใช้ควบคู่กับกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ เพื่อการแสดงออกของพฤติกรรมที่หลากหลายและเพิ่มความท้าทายในการเรียนรู้ของผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

- กรกนก เลิศเดชาภัทร, และชาตรี ฝ้ายคำตา. (2562). การวิเคราะห์แนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่พบในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง). วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 10 (2), 231-246.
- ชนกกานต์ เนตรรัศมี, สิริริภา กิจเกื้อกูล และรัตนนา สนั่นเมือง. (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมสรณะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง เคมีสิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต. 13 (1), 29-45.
- ปัทมา ชุมร่า. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา เรื่องไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ภัสสร ติตมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบุร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- มนัส ชวดดา, ศิริรัตน์ ชาญไวยวิทย์, และสนธิ พลชัยยา. (2559). การศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำด้วยการจัดการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา. ในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ครั้งที่ 6 (น.1-13).
- วิภาพร เวียงเงิน. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในประเพณีไหลแพไฟ่ จังหวัดอุดรธานี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศมกร ศิลาโชติ, สิริณภา กิจเพ็ญกุล, และวิภารัตน์ เชื้อชวดชัยสิทธิ์. (2563). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต. 14 (1), 124-137.
- ศิริพร เครือทอง, และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม. (2563). การศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารการศึกษาและการพัฒนามนุษย์. 4 (1), 78-91.
- สิริณภา กิจเพ็ญกุล. (2557). การจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ : ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สิริณภา กิจเพ็ญกุล. (2565). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์, ธิดิยา บงกชเพชร, และชมพูนุช วรางคณากุล. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์. 13 (37), 119-132.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. <https://doi.org/10.172 26/13165>
- Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). *Get to Know the Standards*. <https://www.nextgenscience.org/get-knowstandards>